

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

“FITORREMEDIACIÓN POR EL PROCESO DE
FITODEGRADACIÓN CON DOS ESPECIES MACRÓFITAS
ACUÁTICAS, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*
PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
DOMÉSTICAS DE LA LAGUNA FACULTATIVA EN LA
LOCALIDAD DE PACAYPAMPA, DISTRITO DE SANTA MARÍA
DEL VALLE (HUÁNUCO), AGOSTO – SETIEMBRE 2018”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

TESISTA

Bach. Poll, CARHUARICRA FERRER

ASESOR

Ing. Johnny Prudencio, JACHA ROJAS

Huánuco – Perú

2019



UNIVERSIDAD DE HUANUCO
Facultad de Ingeniería

E.A.P. DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las 16:30 horas del día 01 del mes de MARZO del año 2019, en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

Mg. SIMEDN EDUARDO CALIXTO VARGAS (Presidente)

Mg. FRANK ERICK CAMARA LLANOS (Secretario)

B. G. ALEJANDRO ROLANDO DURAN NIEVA (Vocal)

Nombrados mediante la Resolución N° 107-2019-D-FI-UOH, para evaluar la Tesis intitulada:

"FITOREMEDIACIÓN POR EL PROCESO DE FITOREGADACIÓN CON DOS ESPECIES MACROFITAS ACUÁTICAS, Limnobium laevigatum y Eichhornia crassipes PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA ZARZAMA FACULTATIVA EN LA LOCALIDAD DE PACAY PAMPA, DISTRITO DE SANTA MARÍA DEL VALLE (HUANUCO)"
AGOSTO-SEPTIEMBRE 2018, presentada por el (la) Bachiller PO. II CARHUARICA FERRER, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental

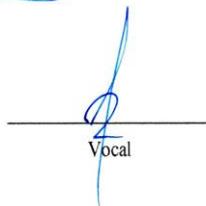
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a) APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo cuantitativo de 16 y cualitativo de BUENO (Art. 47)

Siendo las 17:46 horas del día 01 del mes de MARZO del año 2019, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Presidente


Secretario


Vocal

Dedicatoria

A Dios,

Por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis Padres,

Por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica como de la vida, por su incondicional apoyo mantenido a través del tiempo.

A la naturaleza,

Por su constante abastecimiento de recursos naturales a la humanidad y con ello mi vocación profesional.

Agradecimientos

A Dios, por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora.

A cada uno de los que son parte de mi familia a mi padre Alberto Carhuaricra Ramos, mi madre Lusmila Ferrer Albornoz, a mis hermanas; por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me ha ayudado y llevado hasta donde estoy ahora, para ellos todo mi agradecimiento y gratitud.

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería de la Universidad de Huánuco, a los docentes que lograron impartir su conocimiento en todo el proceso de mi formación profesional.

A mis asesores de tesis, Ing. Magally Reyes Córdova, Ing. Johnny Prudencio Jacha Rojas, por su sentido crítico, acertadas y valiosas sugerencias en el desarrollo de la tesis.

A la Municipalidad de Santa María del Valle, por brindarme las facilidades para el desarrollo de la tesis.

A Jennyfer Bravo Mejía, por su apoyo incondicional en el desarrollo de la investigación.

Índice

Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos	iv
Índice de tablas.....	viii
Índice de figuras.....	x
Resumen	xi
Abstract.....	xiii
Introducción	xv
CAPÍTULO I.....	17
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.1. Descripción del problema	17
1.2. Formulación del problema	17
1.2.1. Formulación del Problema General:.....	17
1.2.2. Formulación de los Problemas Específicos:.....	18
1.3. Objetivo general.....	18
1.4. Objetivos específicos.....	18
1.5. Justificación de la investigación.....	19
1.6. Limitaciones de la investigación	19
1.7. Viabilidad de la investigación.....	19
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. Antecedentes de la investigación	21
2.1.1. Antecedentes internacionales:	21
2.1.2. Antecedentes nacionales:	25
2.1.3. Antecedentes locales:	27
2.2. Bases teóricas	28
2.2.1. Aguas residuales.....	28
2.2.2. Clasificación de las aguas residuales.....	28

2.2.3.	Constituyentes del agua residual.	29
2.2.4.	Tratamiento de aguas residuales domésticas.	30
2.2.5.	Tipos de Sistemas de Tratamientos Biológicos.	31
2.2.6.	Fitorremediación.	37
2.2.7.	Formas de Vida de las Hidrófitas (Sculthorpe, 1967)	39
2.2.8.	Funciones de las macrófitas en los mecanismos de remoción.	40
2.2.9.	Plantas acuáticas macrófitas utilizadas en el sistema de fitorremediación a escala experimental.	41
2.2.10.	Parámetros que se analizaron en las aguas residuales.	48
2.3.	Definiciones conceptuales de términos básicos	51
2.3.1.	Estándar de Calidad Ambiental (ECA)	51
2.3.2.	Límite Máximo Permisible (LMP).	51
2.3.3.	Aguas residuales.	51
2.3.4.	Contaminación del agua.	52
2.3.5.	Fitorremediación.	52
2.3.6.	Macrófitas.	52
2.3.7.	Efluente	53
2.3.8.	Afluente	53
2.3.9.	Humedales	53
2.3.10.	Tiempo de Retención Hidráulico	53
2.3.11.	Caudal.	54
2.3.12.	Eutrofización	54
2.4.	Hipótesis	54
2.4.1.	Hipótesis General.	54
2.4.2.	Hipótesis Específico	55
2.5.	Variables.	55
2.5.1.	Variable independiente.	55

2.5.2. Variable dependiente	55
CAPÍTULO III	56
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	56
3.1. Tipo de investigación	56
3.1.1. Enfoque	56
3.1.2. Alcance o nivel	56
3.1.3. Diseño	56
3.2. Población y muestra	57
3.2.1. Población	57
3.2.2. Muestra	57
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	58
3.3.1. Para la recolección de datos (técnicas e instrumentos)	58
3.3.2. Para la presentación de datos (cuadros y gráficos)	73
3.3.3. Para el análisis e interpretación de los datos	73
CAPÍTULO IV	76
RESULTADOS	76
4.1. Procesamiento de datos (cuadros estadísticos con su respectivo análisis e interpretación)	76
4.2. Contrastación de hipótesis y prueba de hipótesis	85
CAPÍTULO V	95
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	95
CONCLUSIONES	98
RECOMENDACIONES	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100

Índice de tablas

Tabla 1. Características de los principales niveles de tratamiento.	31
Tabla 2. Rendimientos de un sistema de depuración por Lagunaje.	32
Tabla 3. Procesos de Fitorremediación.	38
Tabla 4. Número de muestras por unidad de muestreo.	57
Tabla 5. Número de muestras por tiempo de retención.	57
Tabla 6. Caracterización de aguas residuales afluente – laguna facultativa	58
Tabla 7. Caracterización de aguas residuales efluente – laguna facultativa	59
Tabla 8. Mediciones del tiempo para el primer caudal.	60
Tabla 9. Mediciones del tiempo para el segundo caudal.	60
Tabla 10. Mediciones del tiempo para el tercer caudal.	61
Tabla 11. Áreas requeridas para la remoción de contaminantes.	65
Tabla 12. Dimensiones del humedal artificial a escala real.	66
Tabla 13. Dimensiones del humedal artificial a escala experimental.	67
Tabla 14. Dimensiones de la caja reguladora de caudal.	69
Tabla 15. Resultados de caracterización del agua residual proveniente de la laguna facultativa (efluente).	70
Tabla 16. Resultados del humedal artificial experimental con tiempo de retención inicial de 23.4 horas.	71
Tabla 17. Resultados del humedal artificial experimental con tiempo de retención de 31.2 horas.	71
Tabla 18. Resultados del humedal artificial experimental con tiempo de retención de 39 horas.	72
Tabla 19. Resultados del humedal artificial experimental con tiempo de retención de 46.8 horas.	73
Tabla 20. Sólidos Totales en Suspensión antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.	76
Tabla 21. Demanda Bioquímica de Oxígeno antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.	77
Tabla 22. Demanda Química de Oxígeno antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.	78
Tabla 23. pH antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.	80
Tabla 24. Temperatura antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.	81
Tabla 25. Conductividad antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.	82
Tabla 26. Número de Coliformes Fecales antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.	83

Tabla 27. Relación entre las aguas residuales (en función al tiempo de retención) y la fitorremediación (parámetro sólidos totales en suspensión) en el sistema a escala experimental usando las especies <i>Limnobium laevigatum</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>	86
Tabla 28. Relación entre las aguas residuales (en función al tiempo de retención) y la fitorremediación (parámetro demanda bioquímica de oxígeno) en el sistema a escala experimental usando las especies <i>Limnobium laevigatum</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>	86
Tabla 29. Relación entre las aguas residuales (en función al tiempo de retención) y la fitorremediación (parámetro demanda química de oxígeno) en el sistema a escala experimental usando las especies <i>Limnobium laevigatum</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>	87
Tabla 30. Relación entre las aguas residuales (en función al tiempo de retención) y la fitorremediación (parámetro pH) en el sistema a escala experimental usando las especies <i>Limnobium laevigatum</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>	88
Tabla 31. Relación entre las aguas residuales (en función al tiempo de retención) y la fitorremediación (parámetro temperatura) en el sistema a escala experimental usando las especies <i>Limnobium laevigatum</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>	88
Tabla 32. Relación entre las aguas residuales (en función al tiempo de retención) y la fitorremediación (parámetro conductividad) en el sistema a escala experimental usando las especies <i>Limnobium laevigatum</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>	89
Tabla 33. Relación entre las aguas residuales (en función al tiempo de retención) y la fitorremediación (parámetro número de coliformes fecales o termotolerantes) en el sistema a escala experimental usando las especies <i>Limnobium laevigatum</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> . ..	93

Índice de figuras

Imagen 1. Esquema general de un proceso de lagunaje.....	32
Imagen 2. Esquema básico de operación de una laguna anaerobia.....	33
Imagen 3. Esquema de una laguna facultativa.....	34
Imagen 4. Esquema de Laguna de Maduración.....	35
Imagen 5. Esquema de Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre.....	36
Imagen 6. Esquema de Humedal Artificial de Flujo de Horizontal Subsuperficial.....	37
Imagen 7. Hábitat de los distintos tipos de plantas macrófitas.....	40
Imagen 8. Morfología de <i>Eichhornia crassipes</i>	42
Imagen 9. Distribución de <i>Eichhornia crassipes</i> en Sudamérica.....	44
Imagen 10. Macrófita <i>Limnobium laevigatum</i>	45
Imagen 11. Distribución de <i>Limnobium laevigatum</i> en Sudamérica.....	48
Imagen 12. Sólidos Totales en Suspensión antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.....	77
Imagen 13. Demanda Bioquímica de Oxígeno antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.....	78
Imagen 14. Demanda Química de Oxígeno antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.....	79
Imagen 15. pH antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.....	80
Imagen 16. Temperatura antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.....	81
Imagen 17. Conductividad antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.....	82
Imagen 18. Número de Coliformes Fecales antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.....	84
Imagen 19. Relación entre el tiempo de retención y sólidos totales en suspensión.....	86
Imagen 20. Relación entre el tiempo de retención y demanda bioquímica de oxígeno.....	87
Imagen 21. Relación entre el tiempo de retención y demanda química de oxígeno.....	87
Imagen 22. Relación entre el tiempo de retención y pH.....	88
Imagen 23. Relación entre el tiempo de retención y temperatura.....	89
Imagen 24. Relación entre el tiempo de retención y conductividad.....	89
Imagen 25. Relación entre el tiempo de retención y número de coliformes fecales o termotolerantes.....	93

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la capacidad fitorremediadora por el proceso de fitodegradación a escala experimental con dos especies acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa, Distrito de Santa María del Valle, periodo agosto – setiembre 2018, tuvo un enfoque cuantitativo.

Se diseñó un humedal artificial de flujo libre superficial a escala experimental, donde se incorporó dos especies macrófitas flotantes conocido comúnmente como Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Trébol de agua (*Limnobium laevigatum*), donde se realizó la fitorremediación por el proceso de fitodegradación en función al tiempo de retención del sistema el cual fue de 23.4 horas, 31.2 horas, 39 horas y 46.8 horas, de esta manera remover los contaminantes de una forma económica, eficiente y acorde con el paisaje. En el mencionado sistema se experimentó el tratamiento de aguas residuales domésticas tomando como parámetros del sistema los siguientes: pH, Conductividad, Temperatura, Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Totales en Suspensión; ello tomando como referencia los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR (D.S. N° 003-2010-MINAM) y ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático (D.S. N° 004-2017-MINAM). (D.S. N° 004-2017-MINAM).

Los resultados que se obtuvieron de dicho tratamiento fueron:

- Para sólidos totales en suspensión después del tratamiento se redujo en: 23.4 horas (132 mg/L), 31.2 horas (26 mg/L), 39 horas (31 mg/L) y 46.8 horas (68 mg/L).
- Para demanda bioquímica de oxígeno después del tratamiento se redujo en: 23.4 horas (99.8 mg/L), en 31.2 horas (42.5 mg/L), en 39 horas (34.7 mg/L) y 46.8 horas (36.5 mg/L).

- Para demanda química de oxígeno después del tratamiento se redujo en: 23.4 horas (271.1 mg/L), en 31.2 horas (156.8 mg/L), en 39 horas (128.4 mg/L) y 46.8 horas (166.9 mg/L).
- Para pH después del tratamiento aumentó en: 23.4 horas (6.2), en 31.2 horas (6.6), en 39 horas (6.7) y 46.8 horas (7.5).
- Para temperatura después del tratamiento aumentó en: 23.4 horas (21 °C), en 31.2 horas (24 °C), en 39 horas (27 °C) y 46.8 horas (24 °C).
- Para conductividad después del tratamiento se redujo en: 23.4 horas (487 μ S/cm), en 31.2 horas (414 μ S/cm), en 39 horas (342 μ S/cm) y 46.8 horas (315 μ S/cm).
- Para coliformes fecales o termotolerantes después del tratamiento se redujo en: 23.4 horas (1300000 NMP/100mL), en 31.2 horas (7900 NMP/100mL), en 39 horas (230 NMP/100mL) y 46.8 horas (790 NMP/100mL).

Concluyendo con ello la capacidad fitorremediadora de este proceso, el cual se encuentra por debajo de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR.

Palabras clave: Fitorremediación, Fitodegradación.

Abstract

The objective of this research work was to determine the phytoremediation capacity by the phytodegradation process on an experimental scale with two aquatic species, *Limnobium laevigatum* and *Eichhornia crassipes* in the treatment of residual waters of the facultative lagoon in the town of Pacaypampa, District of Santa María del Valle, period August - September 2018, had a quantitative approach.

An artificial free-flowing surface wetland was designed on an experimental scale, incorporating two floating macrophyte species commonly known as water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) and water clover (*Limnobium laevigatum*), where phytoremediation was carried out by the phytodegradation process in function to the time of retention of the system which was of 23.4 hours, 31.2 hours, 39 hours and 46.8 hours, in this way remove the pollutants in an economic, efficient and according to the landscape. In the aforementioned system the treatment of domestic wastewater was experimented taking as parameters the following: pH, Conductivity, Temperature, Thermotolerant Coliforms, Biochemical Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand, Total Suspended Solids; taking as reference the Maximum Permissible Limits for WWTP effluents (D.S. No. 003-2010-MINAM) and ECA for Water, Category 4: Conservation of the aquatic environment (D.S. No. 004-2017-MINAM). (D.S. No. 004-2017-MINAM).

The results that were obtained from said treatment were:

- For total solids in suspension after treatment, it was reduced by: 23.4 hours (132 mg / L), 31.2 hours (26 mg / L), 39 hours (31 mg / L) and 46.8 hours (68 mg / L).
- For biochemical oxygen demand after treatment was reduced by: 23.4 hours (99.8 mg / L), 31.2 hours (42.5 mg / L), 39 hours (34.7 mg / L) and 46.8 hours (36.5 mg / L).
- For chemical oxygen demand after treatment, it was reduced by: 23.4 hours (271.1 mg / L), 31.2 hours (156.8 mg / L), 39 hours (128.4 mg / L) and 46.8 hours (166.9 mg / L).

- For pH after treatment increased by: 23.4 hours (6.2), 31.2 hours (6.6), 39 hours (6.7) and 46.8 hours (7.5).
- For temperature after treatment, it increased by: 23.4 hours (21 °C), 31.2 hours (24 °C), 39 hours (27 °C) and 46.8 hours (24 °C).
- For conductivity after treatment it was reduced by: 23.4 hours (487 $\mu\text{S/cm}$), in 31.2 hours (414 $\mu\text{S/cm}$), in 39 hours (342 $\mu\text{S/cm}$) and 46.8 hours (315 $\mu\text{S/cm}$).
- For fecal or thermotolerant coliforms after treatment it was reduced by: 23.4 hours (1300000 NMP / 100mL), in 31.2 hours (7900 NMP / 100mL), in 39 hours (230 NMP / 100mL) and 46.8 hours (790 NMP / 100mL).

Concluding with this the phytoremediation capacity of this process, which is below the Maximum Permissible Limits for WWTP effluents.

Keywords: Phytoremediation, Phytodegradation.

Introducción

El Distrito de Santa María del Valle, está situado en las partes Norte y Nor-Este de la capital provincial (Huánuco) a 1916 metros de altitud, en la margen derecha de la quebrada de Taulligán, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales conformado por una laguna facultativa se encuentra en la localidad de Pacaypampa, tiene la función de tratar las aguas residuales de la zona urbana del distrito.

La tesis titulada “Fitorremediación por el Proceso de Fitodegradación con dos especies macrófitas acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* para el Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas de la Laguna Facultativa en la Localidad de Pacaypampa, Distrito de Santa María del Valle (Huánuco), Agosto – Setiembre 2018”, tuvo como objetivo principal determinar la capacidad fitorremediadora por el proceso de fitodegradación a escala experimental, así como identificar la relación que existe entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función a los parámetros físico – químicos y microbiológicos en el sistema a escala experimental.

La problemática del objeto de estudio, es el inadecuado tratamiento de las aguas residuales domesticas por parte de la laguna facultativa, repercutiendo ello a la inadecuada disposición final de las aguas servidas al Río Huallaga y de esa manera acelerando el aumento significativo de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que son indicadores de la calidad ambiental.

Este trabajo de investigación se realizó con la finalidad de buscar una alternativa de solución para el tratamiento secundario de las aguas residuales de la laguna facultativa ubicado en la localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle, se diseñó un humedal artificial de flujo libre superficial a escala experimental, donde se incorporó dos especies macrófitas flotantes conocido comúnmente como Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Trébol de agua (*Limnobium laevigatum*).

En el capítulo I, se formuló el planteamiento de la tesis; el cual incluye la descripción del problema, objetivos de la investigación, justificación, limitaciones y viabilidad de la investigación.

En el capítulo II, se planteó el marco teórico que guiará el informe final; el cual inició con la descripción de los antecedentes internacionales, nacionales y locales, principales bases teóricas, definición conceptual y la formulación de las hipótesis y variables.

En el capítulo III, se analizó la metodología de la investigación para ello se definió el tipo, enfoque, alcance, tipo de investigación así también se determinó la población, muestra, técnicas e instrumentos de medición de las variables y las técnicas para la presentación de los datos.

En el capítulo IV, se dio referencia a los resultados mediante el procesamiento de datos y la contrastación o prueba de hipótesis de la investigación.

En el capítulo V, se realizó la discusión de los resultados y las referencias bibliográficas.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

Las aguas residuales domésticas, son uno de los problemas más significativos que repercuten en la evaluación de la calidad ambiental de fuentes de agua que se encuentran próximos a centros poblados, una inadecuada disposición sin un previo tratamiento puede llevar a ser causante de alteraciones en los factores biológicos del ecosistema, así como ciertas enfermedades con efectos directos a la salud (brotes de enfermedades, enfermedades persistentes, enfermedades no transmisibles), como también efectos indirectos a la salud (impactos negativos adversos en la calidad de agua de consumo y las recreacionales así como la inocuidad de los alimentos) en las comunidades que se encuentran en contacto directo con estas aguas.

El distrito de Santa María del Valle cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales conformado por una laguna facultativa, el cual no realiza el tratamiento adecuado de las aguas que se disponen allí, generando en ello la inadecuada disposición final de las aguas servidas al Río Huallaga y de esa manera acelerando el aumento significativo de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que son indicadores de la calidad ambiental.

Tal como comenta Yee-Batista el “70% de las aguas residuales de la región latinoamérica no son tratadas. Sacamos el agua, la usamos y la devolvemos al río completamente contaminado” (Yee-Batista, 2013).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Formulación del Problema General:

- ¿Es posible determinar la capacidad fitorremediadora por el proceso de fitodegradación con dos especies macrófitas acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales domésticas de la laguna facultativa en la localidad de

Pacaypampa, Distrito de Santa María del Valle (Huánuco), Agosto – Setiembre 2018?

1.2.2. Formulación de los Problemas Específicos:

- ¿Es posible Identificar la relación que existe entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función a los parámetros físico – químicos en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*?
- ¿Es posible identificar la relación que existe entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función al parámetro microbiológico en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*?

1.3. Objetivo general

- ✓ Determinar la capacidad fitorremediadora por el proceso de fitodegradación a escala experimental con dos especies acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa, Distrito de Santa María del Valle (Huánuco), Agosto – Setiembre 2018.

1.4. Objetivos específicos

- ✓ Identificar la relación que existe entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función a los parámetros físico – químicos en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.
- ✓ Identificar la relación que existe entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función al parámetro microbiológico en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.

1.5. Justificación de la investigación

El motivo de la investigación se justificó por la siguiente razón:

- Con la finalidad de buscar una alternativa de solución para el tratamiento secundario de las aguas residuales de la laguna facultativa ubicado en la localidad de Pacaypampa, distrito de Santa María del Valle, se diseñó un humedal artificial de flujo libre superficial a escala experimental, donde se incorporó dos especies macrófitas flotantes conocido comúnmente como Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Trébol de agua (*Limnobium laevigatum*), donde realizaron la fitorremediación por el proceso de fitodegradación. En el mencionado sistema se experimentó el tratamiento de aguas residuales domésticas tomando como parámetros del sistema los siguientes: pH, Conductividad, Temperatura, Coliformes Termotolerantes, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Totales en Suspensión; ello tomando como referencia los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR (D.S. N° 003-2010-MINAM) y ECA (D.S. N° 004-2017-MINAM). Los resultados que se obtuvieron de dicho tratamiento permitieron determinar la capacidad fitorremediadora de este proceso, y de las especies vegetales.

1.6. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones que se tuvo en la investigación fueron:

- El costo económico para analizar y obtener los resultados de los parámetros físico, químico y microbiológico de la calidad del agua residual de la laguna facultativa y del humedal artificial a escala experimental, así como su construcción e implementación, fueron asumidos por el propio investigador debido a que no se cuenta con financiamiento externo para el trabajo de investigación.

1.7. Viabilidad de la investigación

La presente investigación fue viable por las siguientes razones:

- Bibliografía referencial disponible; sobre temática de la investigación (Fitorremediación por el proceso de Fitodegradación con dos especies macrófitas acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*),

ello debido a que se obtuvo la información de libros, páginas web, artículos científicos, entre otros.

- Se contó con el permiso de la Municipalidad de Santa María del Valle y del responsable encargado de la laguna facultativa, para poder caracterizar los parámetros del agua residual dentro del proceso de investigación, así como se llevó a cabo la construcción y posterior permanencia y funcionamiento del sistema a escala experimental de fitorremediación.
- Disponibilidad de *Eichhornia crassipes* en estanques de la ciudad de Huánuco, así como de *Limnobium laevigatum* que se obtuvo de acuarios de la ciudad.
- Las plantas macrófitas acuáticas *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* se adaptan de manera óptima al clima de la zona de estudio, el cual se trajeron de estanques y acuarios de la ciudad de Huánuco.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales:

- Valderrama et al. (2003), publicaron el artículo científico denominado: **“Evaluación del efecto del tratamiento con plantas acuáticas (*E. crassipes*, *Lemna sp.* y *L. laevigatum*) en la remoción de indicadores de contaminación fecal en aguas residuales domésticas”**. Se evaluó a escala de laboratorio el resultado con tres tratamientos de macrófitas acuáticas -*Eichhornia crassipes*, *Lemna sp.* y *Limnobium laevigatum*- y de un tratamiento con microalgas en la eliminación de indicadores de contaminación fecal (Coliformes fecales, *Escherichia coli* y Colifagos somáticos) en aguas residuales domésticas. Se evaluó la posible relación entre los tratamientos, las variables fisicoquímicas asociadas a cada uno de ellos y la remoción de los indicadores fecales.

Los cuatro tratamientos eliminaron hasta el 99% de Coliformes fecales y *E. coli* en 6 días y no se presentó diferencias significativas entre las macrófitas entre sí ni con las microalgas ($p < 0.05$) en cuanto a la eficiencia de remoción. La correlación entre amonio, fósforo y DQO con la remoción de indicadores bacterianos fue mayor del 50% en todos los tratamientos, pero la remoción no se pudo juntar a ningún tratamiento en particular. *E. crassipes* fue la especie más eficaz en la eliminación de fagos (91%, a diferencia de 75% en los otros tratamientos) y esta eliminación estuvo asociada a las mismas variables fisicoquímicas anteriores (60-90% de correlación).

- Valderrama (1996), publicó el artículo científico denominado: **“Uso de dos especies de macrófitas acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales agroindustriales”**. Se evaluó a escala piloto el efecto de dos

macrófitas acuáticas *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* para la optimización de la calidad de un agua residual agroindustrial. Las dos macrófitas evaluadas fueron eficaces en la estabilización y neutralización del pH, reduciendo las concentraciones de coliformes totales, DBO, DQO y sólidos suspendidos totales. Se concluyó en la eficiencia promedio de remoción: coliformes totales, 68 y 22% con *L. laevigatum* y *E. crassipes* respectivamente; DBO, 76 Y 53%; DQO, 26 Y 18%; sólidos suspendidos totales, 70 y 56% con *L. laevigatum* y *E. crassipes* respectivamente. *L. laevigatum* produjo un incremento en la alcalinidad total del afluente y fue más efectivo en la eliminación de coliformes fecales que *E. crassipes*. Para los otros parámetros evaluados: temperatura, conductividad, sólidos disueltos y cloruros, las macrófitas no generaron diferencias importantes en el afluente.

- García y Correa (2006), realizaron la tesis titulada: **“Desarrollo de un humedal artificial piloto con especies no convencionales para mitigar la contaminación generada por el vertimiento de aguas residuales provenientes del centro de visitantes del parque nacional natural Amacayacu – Amazonas”**. La principal necesidad que originó el desarrollo del proyecto se debe al aumento de la degradación ambiental provocado por el vertimiento de aguas residuales domésticas en zonas colindantes al centro de visitantes Yewaé, causando serios problemas sanitarios en comunidades indígenas presentes en el trapecio Amazónico, quienes usan este recurso aguas abajo del lugar de vertimiento sin las características óptimas para sus necesidades básicas.

Para llevar a cabo este proyecto, inicialmente se realizó un reconocimiento de la infraestructura del Parque, luego se recolectaron las especies acuáticas con las cuales se llevaría a cabo la pre-experimentación ejecutado bajo tres condiciones diferentes de estudio: intemperie, invernadero y control; con la finalidad de comparar cada especie y determinar si los factores ambientales intervienen en su comportamiento y en la adaptación al agua residual. Alternadamente,

se abrió un espacio con los grados 4º y 5º de la escuela Antonio Ricaurte localizado en un Resguardo Ticuna, con el fin de intercambiar conocimientos con respecto a la conservación ambiental en esta área protegida durante toda la estadía en campo.

La fase de pre-experimentación, fue considerada como una de las actividades primordiales en el avance de la investigación, teniendo en cuenta que algunas de las especies seleccionadas no tenían antecedentes y que partiendo de sus resultados se seleccionaría la especie o especies a ser utilizadas en el humedal artificial, cuyo diseño depende de las características de la o las macrófita(s) escogida(s). Por tales razones se diseñaron fichas de seguimiento diario para cada especie en cada condición de estudio, en las que se incluye un registro fotográfico y datos de factores ambientales que facilitaron el análisis de los resultados respectivos, seleccionando finalmente la *Eichhornia crassipes*.

Una vez realizado el reconocimiento de la tubería sanitaria de las aguas residuales, se decidió localizar la unidad piloto en la plataforma del sector Matamatá, ya que, al situarla en cercanía a alguno de los dos pozos sépticos, podría interferir en las actividades ecoturísticas y viceversa, y por consiguiente, en los resultados esperados. Esto conllevó a que la operación de la unidad piloto presentara dificultades al destinar mayor tiempo en el transporte de agua residual y llenado del tanque de almacenamiento con la misma. Además, el limitado presupuesto económico generó una disminución en el número de valoraciones necesarias para validar el sistema. Finalmente se realizaron las fases de diseño, construcción, puesta en marcha y seguimiento de la unidad piloto, resaltando que el desarrollo de un humedal artificial contempla todas las etapas desde la recopilación de información hasta el seguimiento del sistema, manifestando mayor interés en la fase de la pre-experimentación.

- Andrade (2015), realizó la tesis titulada: **“Fitorremediación mediante el uso de dos especies vegetales *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua), *Pistia stratiotes L.* (lechuga de agua) en el tratamiento de aguas residuales domésticas procedentes de la planta de tratamiento de aguas residuales en la parroquia Unión Milagreña del cantón Joya de los Sachas, provincia de Orellana”**. Para la realización de este trabajo se caracterizó el agua residual doméstica de las Parroquia Unión Milagreña del cantón Joya de los Sachas provincia de Orellana, mediante análisis de campo y un examen de laboratorio obteniendo los siguientes resultados, (OD) contiene 0,74 mg/L, ST 825,86 mg/L, (DQO) tiene un promedio de 381,41 mg/L, la (DBO5) tienen un total de 124 mg/L, el Fosforo (PO4) tiene un total de 12,85 mg/L, Nitritos (NO2) 0,06 mg/L, Nitratos (NO3) 0,8 mg/L, Coliformes Totales 84X105, Coliformes Fecales 42X105), mismos valores que fueron comparados con lo descrito en la Tabla 10 del TULSMA Libro VI, Anexo 1, en la cual establece los valores permisibles de las descargas a los cuerpos de agua dulce, los cuales los valores obtenidos en el examen de laboratorios las aguas de descargas están sobre de los límites permisibles afectando negativamente en la autodepuración del estero s/n en la Parroquia Unión Milagreña. Se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales adaptable al sistema de Fitorremediación, con la finalidad de mitigar los impactos ambientales que se vienen produciendo por no tratar las aguas, debido a que estas aguas son utilizadas por los habitantes de los alrededores para la agricultura, piscicultura, para implementar el proceso de Fitorremediación se diseñó un prototipo a pequeña escala en él se utilizó el agua residual doméstica la paso por un sistema de nivelación, un tanque de grasas, y un tanque sedimentador, luego el flujo de agua continua llega a los sistemas de tratamiento con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), *Pistia stratiotes L.* (Lechuga de agua). Se determina la eficiencia de las plantas como agente depurador mediante un examen bromatológico para determinar si es efectivo utilizar este tipo de plantas en la depuración de aguas residuales domésticas.

2.1.2. Antecedentes nacionales:

- Aponte y Pacherres (2013), publicaron el artículo científico denominado: **“Crecimiento y propagación de *Limnobium laevigatum*”**. *Limnobium laevigatum* es una macrófita flotante ampliamente distribuida en los países del neotrópico. Debido a su potencial como biorremediador es importante conocer las mejores condiciones que permitan su propagación. Uno de los factores más importantes es la concentración de nutrientes en el medio. Por ello, el presente trabajo tiene como objetivo conocer la concentración de nutrientes a la cual se logra una propagación óptima de *L. laevigatum* bajo condiciones de laboratorio cuantificando parámetros de crecimiento como la biomasa, área ocupada, tamaño de las raíces y producción de hojas. Para ello se monitorearon en laboratorio durante 21 días estos parámetros morfológicos en plantas sometidas a cinco concentraciones de nutrientes (0x, 12,5X, 25X, 50X y 100X proporcional a la concentración de nutrientes). La mayor producción de hojas, peso fresco, número de rametos y área foliar se alcanzó con los tratamientos de concentraciones intermedias en nutrientes (12,5X y 25X). Los tratamientos 0X y 12,5X tuvieron un mayor crecimiento radicular que el resto de tratamientos. La clorosis fue mayor en el tratamiento 0X y fue disminuyendo progresivamente conforme aumentó la concentración de nutrientes en los tratamientos. Los tratamientos 50X y 100X presentaron una mayor cantidad de hojas muertas que los tratamientos 0X, 12,5X y 25X. La tasa de crecimiento relativo fue mayor en el tratamiento 12,5X donde se obtuvo un valor de 0,1239. Se discute el rol de los nutrientes en las diferentes respuestas fisiológicas de la especie en estudio; y se compara las tasas de crecimiento de esta especie con otras especies de plantas acuáticas flotantes.
- Rodríguez y García (2011), realizaron la tesis titulada: **“Depuración de aguas servidas, utilizando plantas acuáticas, en la ciudad de Moyobamba-2011”**. El estudio surgió a raíz que en nuestra región no existen experiencias que hayan documentado el uso y

aprovechamiento de macrófitas para tratamientos de efluentes domiciliarios e industriales.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de las especies *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* en la remoción de contaminantes presentes en las aguas servidas. Para alcanzar dicha meta se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales con un tiempo de retención hidráulico de 8 días, donde se aplicaron las especies mencionadas en diferentes tiempos y por separado; a esta investigación se adicionó un tercer tratamiento conformado por una asociación entre ambas especies.

Los resultados obtenidos resultaron que *Eichhornia crassipes* es más eficiente en la depuración de aguas servidas, logrando remociones altas en: 85% en Coliformes Totales, 77.7% Nitratos, 73.5% Coliformes Termotolerantes, DBO5 66.1%, Sólidos Suspendidos Totales 60%.

Pistia stratiotes mostró ser muy susceptible a factores ambientales y presencia de plagas, obteniéndose remociones, donde las remociones alcanzadas fueron: 67.1% de Fosfatos, 65.6% de Nitratos, 63.8% de DBO5, 62.8% Coliformes Totales.

Con respecto al comportamiento de la biomasa de ambas especies, se obtuvo un mayor desarrollo radicular de la planta, donde muchas veces este era el doble o el triple del tamaño de la biomasa aérea.

Como conclusión se puede afirmar que el tratamiento de aguas residuales con tratamiento biológico, aunque poco difundido en nuestra región, es una buena alternativa novedosa de bajo costo y amigable con el ambiente.

- Coronel (2015), realizó la tesis titulada: **“Eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional**

Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas-Chachapoyas”. En el presente estudio se determinó la eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. El agua residual, el cual fue previamente tratada en un filtro de grava para atrapar los residuos sólidos existentes se depositó en tres estanques de vidrio con *Eichhornia crassipes*, *Lemna minor* y un control de agua residual sin planta acuática. El tiempo que permaneció el agua residual en los estanques fue de diez días, y se cambió de efluente por cuatro veces. Para determinar la eficiencia de remoción de las plantas acuáticas flotantes se analizó la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual que ingresó a los tratamientos y después de los diez días de estancado. Obteniendo como resultado que la planta *Eichhornia crassipes* es más eficiente en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas con un porcentaje promedio de remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del 88,24%, mientras que *Lemna minor* obtuvo un promedio de remoción del 81,24%.

2.1.3. Antecedentes locales:

- Paredes (2015), realizó la tesis titulada: **“Optimización de la fitorremediación de mercurio en humedales de flujo continuo empleando *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua)”**. En esta investigación, se estudió a la especie *Eichhornia crassipes* en tres medios de pH: ácido, neutro y básico, a fin de determinar en cuál de estos se consigue mayor remoción de mercurio. Como estudios preliminares se evaluó la concentración de nutrientes apropiada para la vida de la planta durante el período de remoción de mercurio, al mismo tiempo se hizo la evaluación de la adaptación de la planta en los tres medios de pH sometiéndola a concentraciones crecientes de mercurio. Los resultados de las evaluaciones preliminares indicaron que la *Eichhornia crassipes* posee una capacidad de amortiguamiento de pH, con mejores resultados cuando el medio acuoso esta con pH

básico, registrándose en estas condiciones un mayor crecimiento de la raíz.

Posteriormente, se realizaron los tratamientos para determinar el porcentaje de remoción de mercurio, por acción de la *E. crassipes*, llevándola a concentraciones de mercurio que van desde 0.05 a 0.5 ppm., en los medios de pH, acompañados de un testigo. Para la determinación de mercurio se utilizó el método de la ditizona, realizando las lecturas en un espectrofotómetro UV-visible, a una longitud de onda de 520 nm. Los resultados indicaron que la mayor remoción del mercurio se obtuvo en medio básico, con una remoción promedio de 94.68%. También se evaluó la capacidad de remoción de mercurio de la planta en intervalos regulares de tiempo, cada hora, por un período de 11 horas, donde se pudo observar que la planta realizó gran parte de la remoción de mercurio en las tres primeras horas. Al final se experimentó la remoción de mercurio en un humedal artificial superficial de flujo continuo a escala laboratorio, lográndose una remoción de mercurio de 99.5%.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aguas residuales.

Las aguas residuales se definen como aquellas que, por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque presentan gran cantidad de sustancias y/o microorganismos (Espigares García & Pérez López).

2.2.2. Clasificación de las aguas residuales.

2.2.2.1. Aguas residuales domésticas o aguas negras.- Proviene de las heces y orina humanas, del aseo personal, de la cocina y de la limpieza de la casa. Suelen presentar gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, de igual forma restos de jabones, detergentes, lejía y grasas (Espigares García & Pérez López).

- 2.2.2.2. Aguas blancas o de lluvia.- Proviene de la atmósfera (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y espacios públicos. En lugares en que las precipitaciones atmosféricas son considerables, éstas pueden evacuarse por separado para que no saturen los sistemas de depuración (Espigares García & Pérez López).
- 2.2.2.3. Aguas residuales industriales.- Proviene de los procesos realizados en fábricas y establecimientos industriales ya que contienen aceites, detergentes, antibióticos, ácidos y grasas y otros productos de origen mineral, químico, vegetal o animal. Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales (Espigares García & Pérez López).
- 2.2.2.4. Aguas residuales agrícolas.- Proviene de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo (Espigares García & Pérez López).

2.2.3. Constituyentes del agua residual.

Los constituyentes que se encuentran en las aguas residuales pueden ser clasificados como físicos, químicos y biológicos. De los constituyentes del agua residual, los sólidos suspendidos, los compuestos orgánicos biodegradables y los organismos patógenos son los más importantes, y por ello la mayoría de instalaciones de manejo de aguas residuales deben ser diseñadas para su remoción. (García Trujillo, 2012).

La materia inorgánica presente en las aguas residuales está formada principalmente de arena y sustancias minerales disueltas. El agua residual también presenta pequeñas concentraciones de gases disueltos, entre ellos, el más importante es el oxígeno proveniente del aire que eventualmente entra en contacto con las superficies del agua residual en movimiento. Además, del oxígeno, el agua residual puede contener otros gases, como Dióxido de

Carbono, resultante de la descomposición de la materia orgánica, nitrógeno disuelto de la atmósfera, sulfuro de hidrógeno formado por la descomposición de compuestos orgánicos, gas amoníaco y ciertas formas inorgánicas del azufre. Estos gases, que se presentan en pequeñas cantidades, se relacionan con la descomposición y el tratamiento de los componentes del agua residual (Rodríguez Chumbe & García García , 2011).

2.2.4. Tratamiento de aguas residuales domésticas.

Existen diversas clasificaciones para el tratamiento de las aguas residuales: por niveles, por operaciones y procesos, por grado de complejidad y tratamiento. En todos ellos, una adecuada selección y combinación facilitará dar cumplimiento a los requisitos del tratamiento (Torres, 2012).

Tabla 1. Características de los principales niveles de tratamiento.

Nivel de tratamiento	Mecanismos predominantes	Contaminantes removidos	Eficiencias de reducción
Preliminar	Físico	Sólidos gruesos (basuras, arenas). Grasas. Acondicionamiento químico (pH).	SS: < 10% DBO: < 10% Coliformes: = 0% Nutrientes: = 0%
Primario	Físico	Sólidos suspendidos sedimentables. Materia orgánica suspendida (parcialmente).	SS: 40-50% DBO: 25-35% Coliformes: 30-40% Nutrientes: < 20%
Primario avanzado	Físico y químico	Sólidos suspendidos sedimentables y no sedimentables. Materia orgánica suspendida (parcialmente). Fósforo.	SS: 70-85% DBO: 45-55% Coliformes: 60-90% Nutrientes: 20%N; 50-95%P
Secundario	Biológico o químico	Sólidos no sedimentables. Materia orgánica suspendida fina/soluble (parcialmente). Nutrientes (parcialmente). Patógenos (parcialmente).	SS: 60-99% DBO: 60-99% Coliformes: 60-99% Nutrientes: 10-50%
Terciario	Biológico o químico	Contaminantes específicos. Materia orgánica fina y soluble (pulimento). Nutrientes. Patógenos (principalmente).	SS: >99% DBO: >99% Coliformes: >99,9% Nutrientes: >90%

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Von Sperling, 1996; Torres, 2000; Metcalf y Eddy, 2003; Jordao y Pessoa, 2005; Bratby, 2006 y Van Haandel, 2008.

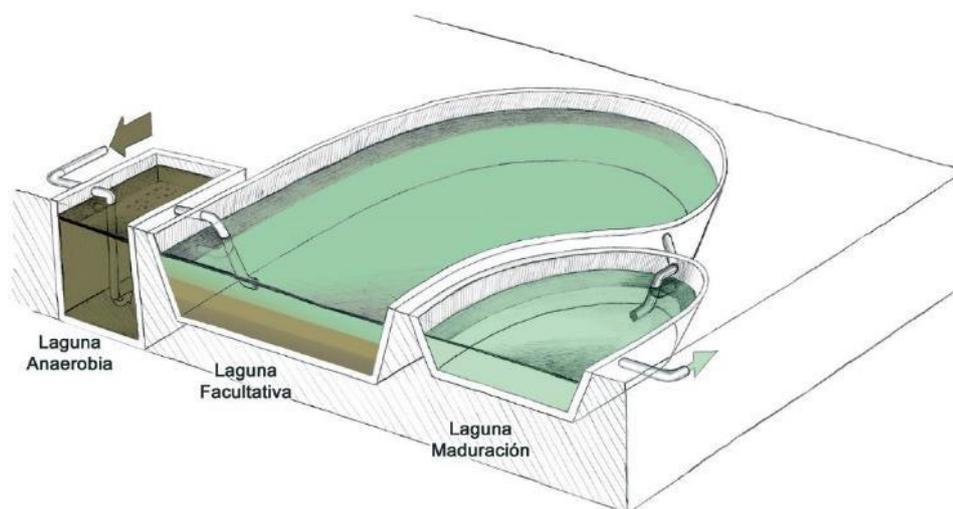
2.2.5. Tipos de Sistemas de Tratamientos Biológicos.

2.2.5.1. Lagunajes

La depuración de aguas residuales mediante la tecnología de lagunaje en medio artificial (balsas, conducciones, etc.), consiste en el tratamiento de forma controlada, haciendo uso de los procesos autodepuradores que tienen lugar de forma natural en ríos y lagos. El origen del lagunaje se remonta a los embalses en los que antiguamente se almacenaban las aguas residuales para el riego directo de los campos. En el transcurso del almacenamiento se

comprobaba que las aguas mejoraban su calidad, lo que llevó posteriormente a ser estudiado como posible tratamiento de depuración de este tipo de aguas (Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo).

Imagen 1. Esquema general de un proceso de lagunaje.



Fuente: ITC, Instituto Tecnológico de Canarias.

Tabla 2. Rendimientos de un sistema de depuración por Lagunaje.

	Laguna Anaerobia	Laguna Facultativa	Laguna de Maduración	Concentración
Parámetro	Reducción (%)	Reducción (%)	Reducción (%)	Efluente (mg/l)
Sólidos en Suspensión	50-60	0-70	35-40	50-150
DBO ₅ (mg/l)	40-50	60-80	25-40	45-75
DQO (mg/l)	40-50	55-75	20-35	120-180
N-NH ₄₊ (mg/l)	-	20-60	15-25	9-21
N total	5-10	30-60	15-50	10-30
P total	0-5	0-30	30-45	4-7
Coliformes Fecales (UFC/100ml)	0,2-0,5 unidades log	2,2 unidades log	0,7-1,3 unidades log	10e3-10e4

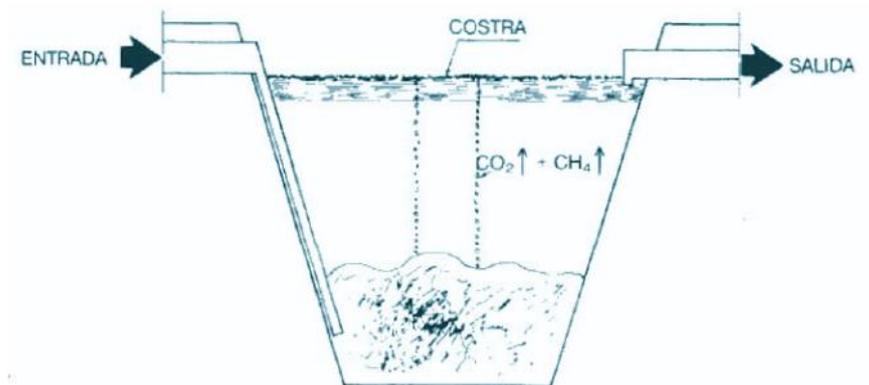
Fuente: Elaboración propia, adaptado de <http://aquaberry.com/Dispositivos/Lagunaje/>

2.2.5.1.1. Tipos de Lagunas

- ❖ **Lagunas anaerobias:** Son lagunas de 3 a 5 metros de profundidad en las que predominan en toda la masa líquida, a excepción de una delgada capa superficial, condiciones de ausencia de oxígeno disuelto, por lo que los microorganismos predominantes son mayormente

bacterias anaerobias (Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo).

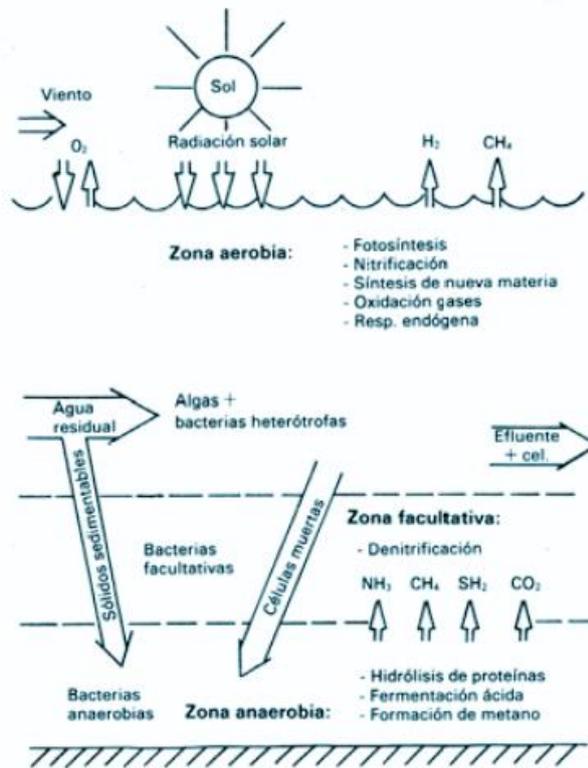
Imagen 2. Esquema básico de operación de una laguna anaerobia.



Fuente: Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas, pg.155.

- ❖ Lagunas facultativas: En este tipo de lagunas, con profundidades de 1 a 2 metros, se establecen de manera natural tres sectores claramente diferenciados:
 - ✓ En el fondo de estas lagunas, donde se acumulan los sedimentos, se crea condiciones de anaerobiosis.
 - ✓ En la zona intermedia, en la que las condiciones son variables, se crea una zona donde predominan las bacterias de tipo facultativo, de las que toman el nombre este tipo de lagunas.
 - ✓ En la zona superficial de las lagunas, se establecen condiciones aerobias, ello debido a la actividad fotosintética de las microalgas desarrolladas ahí, y en menor proporción a corrientes de aire superficial inducidos por el viento (Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo).

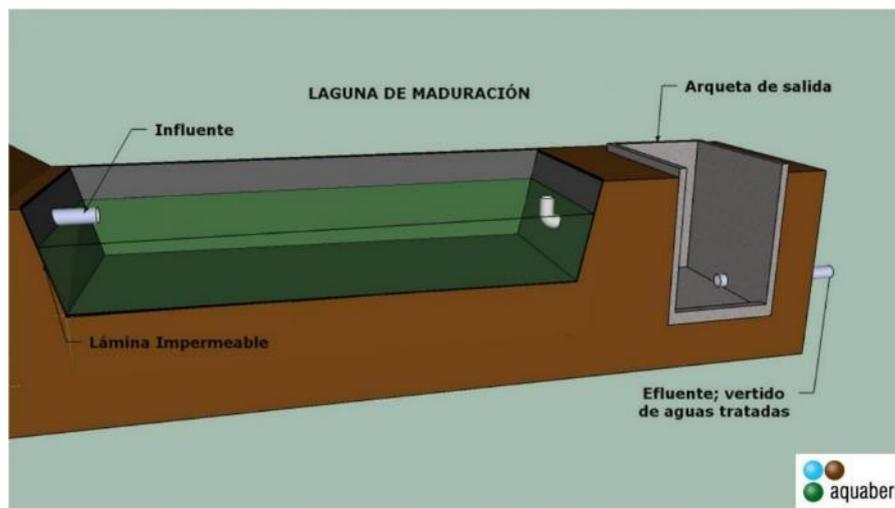
Imagen 3. Esquema de una laguna facultativa.



Fuente: Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas, pg. 156.

- ❖ **Lagunas de maduración:** Estas lagunas, con profundidades entre 0,8 y 1 metro, soporta bajas cargas orgánicas y se da en ellas las condiciones propicias para la penetración de la radiación solar (aguas relativamente claras y poco profundas) adecuadas, por ello para el desarrollo de microalgas, predominan las condiciones suficientes de oxígeno y como consecuencia predominan microorganismos heterótrofos aerobios. Las lagunas de maduración tienen como principal objetivo conseguir un elevado grado de desinfección de las aguas mediante el abatimiento de un gran número de organismos patógenos presentes, y mediante ello se logra reducir la presencia de microalgas en el efluente final depurado (Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo).

Imagen 4. Esquema de Laguna de Maduración.



Fuente: <http://aquaberri.com/Dispositivos/Lagunaje/>

2.2.5.2. Humedales Artificiales o Wetlands

El tratamiento de las aguas residuales urbanas mediante la tecnología de humedales artificiales, consiste en la creación artificial de las condiciones propias de las zonas húmedas naturales, de esa manera aprovechar los procesos de eliminación de contaminantes que se dan en las mismas.

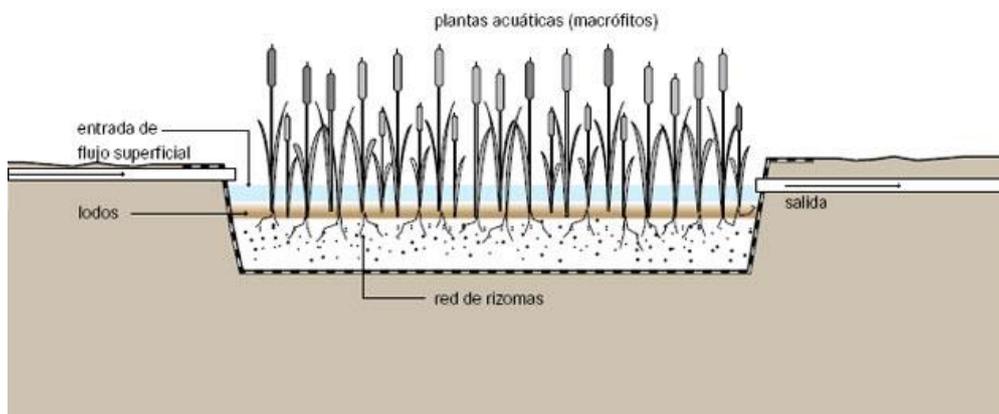
En estos tiempos, los humedales artificiales se emplean para la descontaminación de aguas residuales urbanas, industriales y de escorrentía agrícola. También se requiere esta tecnología para la deshidratación de lodos residuales de una PTAR (Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo).

2.2.5.2.1. Tipos de Humedales Artificiales.

- ❖ Humedales artificiales de flujo superficial (HAFS): En este tipo de humedales, el agua se encuentra expuesta a la atmósfera y circula a través de los tallos de las plantas. Estos humedales son considerados como lagunajes clásicos, con las diferencias de que se opera con menor profundidad (inferiores a 0,4 metros), y que se encuentran pobladas por plantas acuáticas flotantes y/o emergentes. Los HAFS suelen ser instalaciones de varias hectáreas que tratan efluentes procedentes de tratamientos secundarios, y que se pueden emplear para crear y restaurar ecosistemas acuáticos.

La alimentación a estos humedales se produce de manera continua y la depuración tiene lugar en el pase de las aguas a través de los tallos y raíces de la vegetación implantada. Los tallos, raíces y hojas caídas sirven de soporte para fijar la película bacteriana responsable de los procesos de biodegradación, mientras que las hojas que están por encima de la superficie del agua dan sombra a la masa de agua, evitando la proliferación de microalgas (Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo).

Imagen 5. Esquema de Humedal Artificial de Flujo Superficial Libre.



Fuente: <https://www.iagua.es/blogs/belen-sanchez-baeza/procesos-extensivos-depuracion-natural-al-alcance-todos-tipos-ventajas-e>

- ❖ Humedales artificiales de flujo subsuperficial (HAFSS): En estos humedales el agua a tratar circula a través de un material granular (arena, gravilla, grava), suficientemente permeable, superpuesto sobre un material impermeabilizado que sirve de soporte para el enraizamiento de las plantas que pueden ser carrizo u otras. Casi siempre, los HAFSSs son instalaciones más pequeñas que los de flujo superficial y se emplean para el tratamiento de las aguas residuales con población menores de 2,000 habitantes.

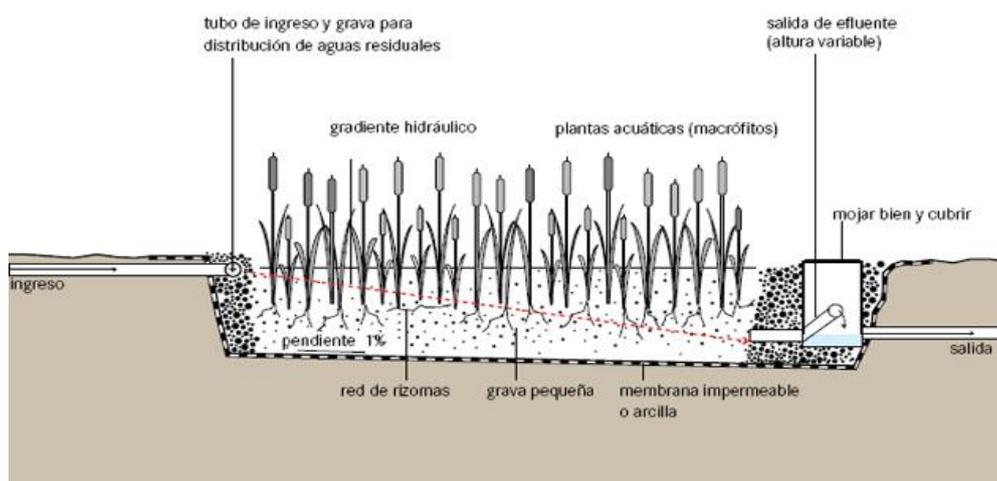
Según la dirección en la que circulan las aguas a través del sustrato, los HAFSSs se clasifican en:

- ✓ HAFSSs horizontales, la alimentación se efectúa de forma continua, atravesando las aguas horizontalmente un sustrato

filtrante de gravillas-grava, de unos 0,6 metros de espesor, en el que se fija la vegetación. A la salida de los humedales, una tubería flexible permite controlar el nivel de encharcamiento que suele mantenerse unos 5 cm. por debajo del nivel de los áridos, lo que impide que las aguas sean visibles.

- ✓ HAFSs verticales la alimentación se efectúa de forma intermitente, para lo que se recurre generalmente al empleo de sifones. Las aguas circulan verticalmente a través de un sustrato filtrante de arena-gravilla, de aproximadamente 1 metro de espesor, en el que se fija la vegetación. En el fondo de los humedales, una red de drenaje permite la recogida de los efluentes depurados. A esta red de drenaje se conectan un conjunto de chimeneas, que sobresalen de la capa de áridos, al objeto de incrementar la oxigenación del sustrato filtrante (Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo).

Imagen 6. Esquema de Humedal Artificial de Flujo de Horizontal Subsuperficial.



Fuente: <https://www.iagua.es/blogs/belen-sanchez-baeza/procesos-extensivos-depuracion-natural-al-alcance-todos-tipos-ventajas-e>

2.2.6. Fitorremediación.

Consiste en hacer uso de cultivos de plantas para eliminar tóxicos presentes en agua y suelo. Se utilizan para eliminar iones metálicos, plaguicidas, disolventes, explosivos, derrames de hidrocarburos (tanto crudos

como compuestos poliaromáticos) y lixiviados de basureros tóxicos. Las plantas fijan los tóxicos o los metabolizan tal como lo hacen los microorganismos en los procesos de biorestauración. (Peña, Carter, & Ayala-Fierro, 2001).

En la fitorremediación se tiene varios tipos de procesos de remediación que varían según las partes de la planta que participan o los microorganismos que contribuyen con la degradación de los contaminantes. (Arias Martínez, Betancur Toro, Gómez Rojas, Salazar Giraldo, & Hernández Ángel, 2010).

Tabla 3. Procesos de Fitorremediación.

TIPO	PROCESO INVOLUCRADO	CONTAMINACIÓN TRATADA
Fitoextracción	Las plantas se usan para concentrar los contaminantes en las partes cosechables (principalmente la parte aérea).	Diversas aguas contaminadas con cadmio, cobalto, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc.
Rizofiltración	Las raíces de las plantas se usan para absorber, precipitar y concentrar los contaminantes a partir de efluentes líquidos contaminados y degradar compuestos orgánicos.	Aguas contaminadas con cadmio, cobalto, cromo, níquel, mercurio, plomo, plomo selenio, zinc, isotopos radiactivos y compuestos fenólicos.
Fitoestabilización	Las plantas tolerantes se usan para reducir su movilidad y evitar el pasaje a capas subterráneas	Lagunas de deshecho de yacimientos mineros, aguas residuales. Propuesto para fenólicos y compuestos clorados.
Fitoestimulación	Se usan los exudados radiculares para promover el desarrollo de microorganismos degradativos (bacterias y hongos).	Hidrocarburos derivados del petróleo y poliaromáticos, benceno, tolueno, atrazina, etc, aguas residuales agropecuarias.
Fitovolatilización	Las plantas captan y modifican los contaminantes orgánicos y los liberan a la atmosfera con la transpiración.	Aguas residuales agropecuarias, aguas con mercurio, selenio y solventes clorados (tetraclorometano y triclorometano).
Fitodegradación	Las plantas acuáticas y terrestres captan, almacenan y degradan compuestos orgánicos para dar subproductos menos tóxicos o no tóxicos.	Aguas residuales agropecuarias, Municiones (TNT, DNT, RDX, nitrobenzeno, nitrotolueno), atrazina, solventes, clorados, DDT, pesticidas fosfatados, fenoles y nitrilos, etc.

Fuente: (Arias Martínez, Betancur Toro, Gómez Rojas, Salazar Giraldo, & Hernández Ángel, 2010)

2.2.7. Formas de Vida de las Hidrófitas (Sculthorpe, 1967)

2.2.7.1. Hidrófitas fijas al substrato.

A. Hidrófitas emergentes. Se encuentran en suelos sumergidos o expuestos donde el nivel de la napa freática se encuentra a 50 centímetros o más de la superficie del suelo. En caso de estar cubierto de agua puede superar los 1.50 metros. En general son plantas rizomatosas, y las hojas sumergidas o flotantes preceden a la aéreas maduras. Todas cuentan con órganos reproductivos externos.

Ejemplos: *Eleocharis*, *Ludwigia*, *Phragmites*, *Schoenoplectus*, *Typha*, *Zizaniopsis*.

B. Hidrófitas de hojas flotantes. Su hábitat principal son los suelos sumergidos, donde pueden alcanzar profundidades desde los 25 centímetros hasta los 3.5 metros. En las especies con heterofilia, las hojas sumergidas preceden o acompañan las hojas flotantes. Algunas especies cuando la densidad es muy alta forman hojas emergentes. Órganos reproductivos flotantes o aéreos.

Rizomatosas. Las hojas flotantes se disponen en largos pecíolos flexibles. Ejemplos: *Nuphar*, *Nymphaea*.

Estoloníferas. Tallos ascendentes en la columna de agua que producen hojas flotantes sobre pecíolos relativamente cortos. Ejemplos: *Potamogeton natans* y *Nymphoides*.

C. Hidrófitas sumergidas. Su hábitat principal son los suelos sumergidos, donde puede alcanzar profundidades que llegan hasta los 10 o 11 metros. El follaje es netamente sumergido con hojas filiformes, fenestradas o finamente divididas. Órganos reproductivos aéreos, flotantes o sumergidos.

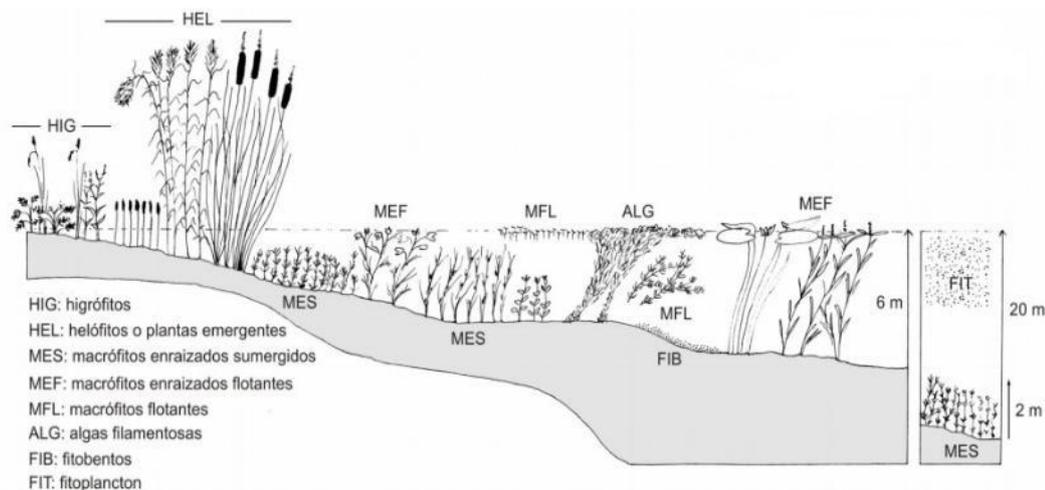
- Caulescentes. Tallos flexibles con raíces que nacen de algunos de sus nudos. Con o sin rizomas. Ejemplos: *Elodea*, *Egeria*, *Hydrilla*, *Potamogeton*.

- Roseta. Hojas que nacen de un tallo condensado o rizoma, frecuentemente especies estoloníferas. Ejemplos: *Aponogeton*, *Isoetes* y *Vallisneria*.
- Taloide. Cuerpo de la planta reducido y condensado, sin diferenciación clara entre tallo y hoja. Ejemplos: Podostemaceae.

2.2.7.2. Flotantes libres.

Ocurren en lugares con escaso movimiento de la columna de agua, morfologías variables, plantas estoloníferas con hojas aéreas o flotantes (*Eichhornia crassipes*, *Limnobium*, *Pistia*) o plantas pequeñas con una extrema simplificación de su anatomía (*Lemna*, *Spirodela*, *Wolffia*).

Imagen 7. Hábitat de los distintos tipos de plantas macrófitas.



Fuente: Libro. *Flora acuática española, Hidrófitos vasculares.*

2.2.8. Funciones de las macrófitas en los mecanismos de remoción.

Las macrófitas poseen características que hacen de ellas un importante componente de los humedales construidos. Entre estas características, la estabilización de la superficie de los humedales construidos y la prevención de taponamientos de la matriz son muy importantes. Así mismo dota de buenas condiciones para la filtración física y el crecimiento microbiano. Otra de sus características es transferir de oxígeno a la rizosfera.

Otra característica importante, únicamente en climas templados, es la capacidad de aislamiento térmico de las macrófitas. En invierno, el tejido

muerto forma una capa que cubre la superficie protegiéndolo del frío y por consiguiente de las disminuciones de temperatura del agua residual.

Las macrófitas proveen de hábitat para la vida salvaje y dan un paisaje agradable a los sistemas de tratamiento de aguas residuales, según la especie introducida (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010).

2.2.9. Plantas acuáticas macrófitas utilizadas en el sistema de fitorremediación a escala experimental.

2.2.9.1. *Eichhornia crassipes* o Jacinto de agua.

➤ Descripción

Especie acuática flotante, con raíces sumergidas, de libre flotación, cuya altura puede llegar a 50 centímetros e incluso 1 metro en condiciones tropicales muy favorables (Verdejo, y otros, 2006).

➤ Taxonomía

La macrófita acuática *Eichhornia crassipes* se encuentra dentro de la siguiente clasificación taxonómica:

Dominio: Eukaryota

Reino: Plantae

Filo: Spermatophyta

Subphylum: Angiospermae

Clase: Monocotyledonae

Orden: Pontederiales

Familia: Pontederiaceae

Género: *Eichhornia*

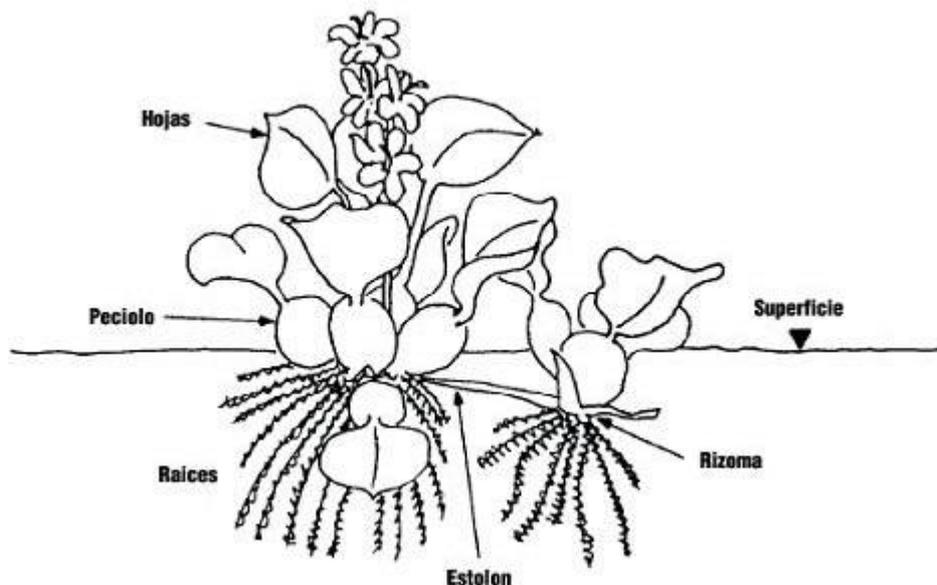
Especie: *Eichhornia crassipes*

➤ Morfología:

Origina un rizoma ramificado que puede llegar a 30 centímetros de longitud, con varios entrenudos cortos. Cada entrenudo produce una hoja y una raíz. En los brotes auxiliares se desarrollan las hojas, que

son gruesas, brillantes y con aspecto ceroso, sobresaliendo por encima de la superficie del agua. Tienen forma ovoide, cuya medida es de 2 a 15 centímetros de longitud y de 2 a 10 centímetros de ancho, con los bordes poco curvados y con varias venas finas y largas. Los peciolo tienen característica gruesa y esponjosa, alargada, hinchada en el medio y afilada hacia la estípula, formando un bulbo flotante con tejido esponjoso. El peciolo desarrolla una ancha estípula membranosa, la cual forma una vaina alrededor de la siguiente hoja. Los tallos florales, que son pubescentes con dos brácteas y una estípula que produce normalmente de 8 y 25 flores; cada flor posee 6 pétalos azulados o violáceos, ovals oblongos con hasta 4 centímetros de longitud y el más superior tiene en el centro una mancha amarilla rodeada por un borde azul. El fruto es una capsula que contiene hasta 450 semillas. Esta planta tiene un potente sistema radicular, hasta el punto que más del 50% de la biomasa de la planta pueden ser raíces, que son adventicias y fibrosas con una longitud entre 10 y 30 centímetros. Su apariencia es como de plumas, de color violeta o azul oscuro y contienen pigmentos solubles que pueden proteger a la raíz de los herbívoros (Verdejo, y otros, 2006).

Imagen 8. Morfología de Eichhornia crassipes.



Fuente: <http://yosemite.epa.gov/water/owrcatalog.nsf>.

➤ Reproducción:

Eichhornia crassipes se propaga vegetativamente y por semilla. Consecuente a la floración, el pedúnculo se desvía y las cápsulas maduran para dar lugar a que las semillas finalmente se liberen bajo el agua. Las semillas tienen la capacidad de germinar de inmediato, así como pueden permanecer latentes durante muchos años. La germinación tiene que poseer condiciones aeróbicas y temperaturas alternas; a veces las poblaciones de plántulas pueden establecerse en el barro expuesto en los bordes de los cuerpos de agua cuando los niveles de agua caen. Las plántulas se adhieren al barro en un principio, pero se vuelven flotantes al aumentar el nivel del agua. Los brotes axilares de las hojas más viejas de la plántula tienen la capacidad de convertirse en estolones y crecer horizontalmente desarrollando plantas hijas. Dicha propagación vegetativa puede ocurrir indefinidamente y producir poblaciones muy grandes sin la intervención de la reproducción sexual (Rojas Sandoval & Acevedo Rodríguez, 2017).

➤ Distribución:

Nativa de Sudamérica, de la Cuenca del Amazonas, siendo introducida en todas las zonas tropicales y subtropicales del Mundo. Se encuentra extendida en los trópicos y subtrópicos de todo el mundo, así como por numerosas zonas templadas cálidas, libres de heladas. Introducida en más de 50 países (EEUU, sur de Asia, Australia, África tropical, América Central, Italia y Portugal). Se le utiliza como planta ornamental acuática para estanques y acuarios. Una vez introducida se dispersa por el agua y por las aves. (Asturnatura.com, 2015).

Imagen 9. Distribución de *Eichhornia crassipes* en Sudamérica.



Fuente: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/20544#8545976C-F260-4874-8B2B-5286920B7071>

➤ **Hábitat y Ecología:**

Se trata de un hidrófito flotante herbáceo, provisto de abundantes estolones, que emiten raíces fasciculadas en los nudos. Se reproduce activamente tanto por semilla como asexualmente (estolones, fragmentación de plantas). En condiciones adecuadas es capaz de duplicar su población cada cinco días. Las semillas tienen la capacidad de conservar su función germinativa entre 5 y 20 años. La iluminación alta, así como las oscilaciones de temperatura favorecen la germinación. Las plantas colonizan a gran escala nuevos hábitats al ser transportadas por las corrientes de agua o por las aves (semillas), pero especialmente por la actividad humana (escapada de acuarios, embarcaciones, etc.). Una sola planta puede invadir completamente un lago. La gran cantidad de biomasa que produce reduce la cantidad de luz que llega al interior de la masa de agua. Además, al descomponerse disminuye drásticamente los niveles de oxígeno disuelto. Ambos efectos tienen consecuencias fatales para las biocenosis acuáticas. Así mismo, el intercambio gaseoso normal entre el agua y la atmósfera es impedido. Compete significativamente con la flora autóctona (Asturnatura.com, 2015).

➤ Uso como Acción Depuradora:

Su alto índice de crecimiento y capacidad para soportar diversos tipos de contaminación resultan interesantes para tratar aguas contaminadas, pero existe el problema de la eliminación del material cosechado (contaminado) (Aoyama, Nishizaki, & Yagi, 1986).

En cierto, el jacinto de agua podría ser muy importante para el tratamiento de aguas residuales. Su acelerada tasa de crecimiento y eficiente absorción de nutrientes y metales puede ser convertida en una forma de descontaminación económica y sumamente benigna desde el punto de vista ambiental (Zhu, Zayed, Qian, De Souza, & Terry, 1999).

2.2.9.2. *Limnobium laevigatum* o Trébol de agua.

➤ Descripción:

Limnobium laevigatum es una macrófita flotante distribuida de manera extensa en los países del neotrópico. Debido a su potencial como biorremediador poseen condiciones que permiten su propagación eficiente. Uno de los factores más importantes es la presencia alta de nutrientes en el medio (Aponte & Pacherres, 2013).

Imagen 10. Macrófita *Limnobium laevigatum*.



Fuente: S.L. Winterton

➤ Taxonomía

La macrófita acuática *Limnobium laevigatum* se encuentra dentro de la siguiente clasificación taxonómica:

Dominio: Eukaryota
Reino: Plantae
Filo: Spermatophyta
Subphylum: Angiospermae
Clase: Monocotyledonae
Orden: Hydrocharitales
Familia: Hydrocharitaceae
Género: *Limnobium*
Especie: *Limnobium laevigatum*

➤ Morfología:

Limnobium laevigatum es una hierba acuática flotante o emergente. Las hojas son subcirculares, flotantes, glabras y brillantes por arriba, con una gruesa capa de tejido esponjoso lleno de aire debajo, base redondeada o superficialmente cordada. Las plantas juveniles crecen en rosetas de hojas flotantes que yacen postradas sobre la superficie del agua. La característica principal de la planta juvenil es la presencia de tejido de aerénquima esponjoso en la parte inferior de la hoja. Las plantas maduras crecen hasta 50 centímetros de alto y tienen hojas emergentes que nacen en pecíolos que no están hinchados o inflados como los tallos de hojas esponjosas del jacinto de agua. La planta produce estolones que tienen rametos para dar lugar a nuevas plantas (Van de Witte & Wageningen, 2017).

Las flores estaminadas tienen 6-12 estambres, los filamentos de estos estambres se unen para formar una columna central en cada flor. Las flores pistiladas tienen 6-9 estilos que están profundamente divididos; estos estilos son típicamente blancos. Los pedicelos de las flores estaminadas son de 1½-4" (4-10 centímetros) de largo, así como los pedicelos de las flores pistiladas tienen ¾-1½" (2-4 centímetros) de largo. El período de floración tiene lugar a mediados del verano hasta principios del otoño. La polinización cruzada de las flores posiblemente ocurre por viento o agua. A continuación, las flores pistiladas son

reemplazadas por frutas globoides; los pedicelos de frutos en desarrollo se inclinan hacia abajo en el agua (Hilty, 2004-2017).

➤ Reproducción

Se reproduce sexualmente a través de la polinización de las flores y la producción de semillas (Encyclopedia of Life, 2016).

Esta planta posee dos tipos de reproducción: a) sexual, a través de la producción de flores y semillas y b) clonal, a través de nuevos clones (rametos) que forman parte de una misma planta madre hasta la separación (Aponte & Pacherras, 2013).

➤ Distribución:

Proviene de hábitats de agua dulce de regiones tropicales y subtropicales en México, América Central, América del Sur y el Caribe. Es originaria de México, Brasil, Antigua, Cuba, República Dominicana, Guadalupe, Martinica, Montserrat, Puerto Rico, Santa Lucía, Trinidad, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Nicaragua, Panamá, Guayana Francesa, Guyana, Surinam, Venezuela, Argentina, Chile, Paraguay, Uruguay, Colombia, Ecuador y Perú (Bove , 2016).

Esta planta acuática flotante se encuentra distribuida en los países del Neotrópico. En el Perú se distribuye entre los 0 y 500 msnm, teniendo registro en ambientes lacustres y ribereños de los departamentos de Lima, Ucayali y Loreto (Ramirez & Cano, 2010).

Imagen 11. Distribución de *Limnobium laevigatum* en Sudamérica.



Fuente: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/115273#EBC8085E-32D7-4F5B-91D7-A8FD9BBC6548>

➤ Hábitat y Ecología:

Limnobium laevigatum se origina en hábitats de agua dulce de América Central y América del Sur tropical y subtropical (Encyclopedia of Life, 2016).

En Brasil, *Limnobium laevigatum* se encuentra distribuido en hábitats de la Selva Amazónica, Caatinga (bosque espinoso xerófilo y matorral de las tierras áridas del noreste de Brasil), Sabana Central Brasileña, Selva Atlántica, Pampa (pastizales del sur de Brasil) y Pantanal (pastizales periódicamente inundados por los ríos Paraná y Paraguay en el centro-oeste de Brasil) (Bove , 2016).

➤ Uso como Acción Depuradora:

Se ha informado que *Limnobium laevigatum* tiene un papel primordial en la biorremediación, el uso de organismos para eliminar o neutralizar contaminantes de un área contaminada (Aponte & Pacherrres, 2013).

2.2.10. Parámetros que se analizaron en las aguas residuales.

➤ Potencial de Hidrógeno

El pH indica la concentración de iones hidrógeno en una disolución. Se utiliza para medir la naturaleza ácida o alcalina de una solución acuosa. Muchas propiedades de las sustancias químicas

dependen de la concentración del ion hidrógeno en solución (pH) (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010, pág. 73).

El pH es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número de iones hidrógeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la escala 7, la sustancia es neutra. Los valores de pH por debajo de 7 muestran que una sustancia es ácida y los valores de pH por encima de 7 muestran que es básica. Cuando una sustancia es neutra el número de los átomos de hidrógeno y de oxhidrilos son iguales. Cuando el número de átomos de hidrógeno (H^+) excede el número de átomos del oxhidrilo (OH^-), la sustancia es ácida (DIGESA - GESTA AGUA).

➤ Conductividad

Depende de la actividad de los tipos de iones disueltos y de la temperatura a la que se realiza la medida. La conductividad es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones y de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como la temperatura de la medición. La conductividad eléctrica, indica la presencia de sales en el agua, lo que hace aumentar su capacidad de transmitir una corriente eléctrica. El agua pura tiene muy poca conductividad, por lo que la medida de la conductividad de un agua nos da una idea de los sólidos disueltos en la misma. (DIGESA - GESTA AGUA).

➤ Temperatura

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como la aptitud del agua para ciertos usos útiles. La temperatura es un indicador de la calidad del agua, que influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el pH, el déficit de oxígeno, la

conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas (DIGESA - GESTA AGUA).

➤ Coliformes Termotolerantes

Los termotolerantes diferentes de *Escherichia coli* pueden proceder de aguas orgánicamente enriquecidas como efluentes industriales, de materias vegetales y suelos en descomposición. Comprende a los géneros de *Escherichia* y en menor grado *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*. Este grupo de organismos puede fermentar la lactosa entre 44 – 45 °C. (DIGESA - GESTA AGUA).

➤ Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La DBO₅ expresan la materia orgánica en términos generales, pero no indican su composición, la cual es muy variada. Como su origen proviene de organismos, y sus productos de degradación o de metabolismo, se puede afirmar que la componen proteínas, carbohidratos y lípidos y/o sus productos de degradación: aminoácidos, monosacáridos, hidrocarburos, ácidos grasos, alcoholes, más otros componentes propios de los vegetales como pigmentos. Es la cantidad de consumo de oxígeno en la degradación de la materia orgánica en general (DIGESA - GESTA AGUA).

➤ Demanda Química de Oxígeno (DQO)

DQO es la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica e inorgánica en el agua expresada en mg/L, guarda una buena relación con la DBO por lo que es de gran utilidad al no necesitar los cinco días de la DBO. Sin embargo, la DQO no diferencia entre materia biodegradable y el resto y no suministra información sobre la velocidad de degradación en condiciones naturales. El valor de la DQO es siempre superior al de la DBO₅ ya que muchas sustancias orgánicas se oxidan químicamente, pero no biológicamente, y su contenido de materia orgánica: es de carbohidratos, proteínas, grasas e inorgánico (hierro ferroso, nitritos, amoníaco, sulfuros y cloruros) (DIGESA - GESTA AGUA).

➤ Sólidos Totales en Suspensión

Los sólidos en suspensión son productos de la erosión de los suelos, detritus orgánico y plancton. Los sólidos suspendidos, tales como limo, arena y virus, son generalmente responsables de impurezas visibles. La materia suspendida son partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición. Pueden ser identificadas con la descripción de características visibles del agua, incluyendo turbidez y claridad, gusto, color y olor del agua (DIGESA - GESTA AGUA).

2.3. Definiciones conceptuales de términos básicos

2.3.1. Estándar de Calidad Ambiental (ECA)

Es la medida que nos da a conocer el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración se puede expresar en máximos, mínimos o rangos (MINAM, 2005).

2.3.2. Límite Máximo Permissible (LMP)

Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos (MINAM, 2005).

2.3.3. Aguas residuales

Aguas cuya composición y calidad original han sido dañadas como resultado de su utilización. Estas aguas proceden de uso municipal, industrial, agropecuario y otros. El uso al que han sido sujeto ha degradado su calidad original al cambiar su contenido o la relación de sus componentes. Los

sinónimos de aguas residuales son aguas negras, aguas cloacales y aguas servidas (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003, pág. 9).

2.3.4. Contaminación del agua

Es la acción y/o efecto de introducir en el agua, elementos, compuestos, materiales o formas de energía, que modifica la calidad de ésta para usos posteriores, que incluyen uso humano y su función ecológica. La contaminación del agua modifica sus propiedades físico-químicas y biológicas de forma que puede generar daño directo o indirecto a los seres humanos y al medio ambiente (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003, pág. 11).

2.3.5. Fitorremediación

La fitorremediación es una ecotecnología, basada en la capacidad de algunas plantas para tolerar, absorber, acumular y degradar compuestos contaminantes, que en la actualidad está siendo empleado en diversos países para recuperar suelos contaminados tanto con compuestos orgánicos como inorgánicos. Frente a las tradicionales técnicas físico-químicas, la fitorremediación presenta diversas ventajas entre las que se puede destacar su menor coste económico, su acercamiento más respetuoso con los procesos ecológicos del ecosistema edáfico, y el hecho de ser una tecnología social, estética y ambientalmente más aceptada. Es por ello, que la fitorremediación funciona como una alternativa medioambientalmente respetuosa, frente a las técnicas físico-químicas (Ecologistas en Acción, 2008).

2.3.6. Macrófitas

Los macrófitos son plantas acuáticas que se pueden observar a simple vista, entre las que podemos encontrar: plantas vasculares (cormófitos), briófitos, microalgas (algas filamentosas, carófitos y de otros grupos) y cianobacterias. Su importancia en los medios acuáticos radica en que son la base de la cadena trófica y aumentan la cantidad de oxígeno en el agua (son

productores primarios), filtran el agua reuniendo los sólidos en suspensión clarificándola, tienen la función de refugiar y alimentar a otros seres vivos, como por ejemplo los macroinvertebrados. Los macrófitos son sensibles a las variaciones en la cantidad de nutrientes (nitrógeno y fósforo), mineralización, transparencia del agua, temperatura (presiones de tipo físico-químico), y también son perceptibles a variaciones del régimen de caudal, continuidad y características morfológicas del lecho del río (presiones de tipo hidromorfológico) (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2009, pág. 5).

2.3.7. Efluente

Los efluentes líquidos son residuos líquidos o residuos líquidos mezclados con sólidos. Resultan de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de las viviendas, instituciones y establecimientos comerciales e industriales, más las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que pudieran agregarse (Estruc plan on line, 2001-2002).

2.3.8. Afluente

Son aquellas aguas residuales crudas procedentes de la red de alcantarillado e ingresan a la planta de tratamiento (Delgadillo, Camacho, Pérez, & Andrade, 2010, pág. 99)

2.3.9. Humedales

Son aquellas extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, ya sean estas naturales o artificiales, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas. Se incluyen las superficies de agua marina cuya profundidad no exceda los seis metros, los arrozales y los embalses (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003, pág. 13).

2.3.10. Tiempo de Retención Hidráulico

Es el tiempo que las bacterias están en contacto con el agua residual, es un factor fundamental de diseño y operación. Se debe contar con el tiempo

necesario para que las bacterias asimilen la materia orgánica que contiene el agua residual. Si no posee un tiempo de retención adecuado no se logrará remover toda la materia orgánica y la DBO del efluente será alta (Morera Arguedas, 2013).

2.3.11. Caudal

Es la cantidad de aguas residuales que se genera en una aglomeración urbana y está en relación directa con el consumo de agua de abastecimiento, y este consumo viene relacionado con el grado de desarrollo económico y social, ya que un mayor desarrollo ocasiona un mayor y más diverso empleo del agua en las actividades humanas (Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo).

2.3.12. Eutrofización

Es la inestabilidad de un ecosistema (en su mayoría lagos, embalses y ríos de baja renovación) por la presencia desmesurada de nutrientes disueltos (fósforo y nitrógeno), cuyo resultado inicial es una mayor productividad primaria, que más tarde termina con la muerte del ecosistema por la escasa presencia de oxígeno disuelto (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003, pág. 12).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

- ❖ **H_a**: Es posible determinar la capacidad fitorremediadora por el proceso de fitodegradación a escala experimental con dos especies acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa, Distrito de Santa María del Valle.
- ❖ **H₀**: No es posible determinar la capacidad fitorremediadora por el proceso de fitodegradación a escala experimental con dos especies acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa, Distrito de Santa María del Valle.

2.4.2. Hipótesis Específico

- ✓ **H_{a1}**: Existe relación entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función a los parámetros físico – químicos en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.
- ✓ **H₀₁**: No existe relación entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función a los parámetros físico – químicos en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.

- ✓ **H_{a2}**: Existe relación entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función al parámetro microbiológico en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.
- ✓ **H₀₂**: No existe relación entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función al parámetro microbiológico en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.

2.5. Variables

2.5.1. Variable independiente

Aguas residuales domésticas.

2.5.2. Variable dependiente

Fitorremediación con las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Enfoque

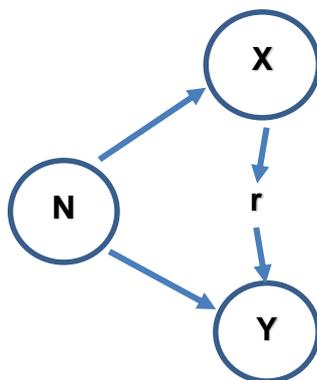
Fue un estudio cuantitativo, porque se midió las variables establecidas en el tiempo de retención del sistema. “El enfoque cuantitativo, usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías”. Metodología de la Investigación 5ta Edición. (SAMPIERI, R. et al., p.4).

3.1.2. Alcance o nivel

El presente trabajo de investigación fue básico o llamado también pura por medio de recolección de datos, ya que el objeto ha sido realizar las mediciones para poder establecer la relación entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación.

3.1.3. Diseño

Según (SAMPIERI, 2006, p. 211), se ha aplicado el diseño correlacional, para la tesis de investigación, tal como se muestran en el siguiente esquema:



N: muestra de estudio

X: variable independiente (Aguas residuales domésticas)

Y: variable dependiente (Fitorremediación)

r: relación entre variable independiente y dependiente.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

Se consideró a las aguas residuales domésticas de la laguna facultativa que se encuentra en la localidad de Pacaypampa, Distrito de Santa María del Valle, el cual presenta un aproximado de 5.5 lps. “La población es un conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones”. Metodología de la Investigación 4ta Edición. (SAMPIERI, R. et al., p.239).

3.2.2. Muestra

La muestra utilizada para desarrollar la investigación fue el agua residual que se transportó a nuestro sistema a escala experimental de fitorremediación. “La muestra es un subconjunto de elementos que pertenecen a ese conjunto definido en sus características al que llamamos población”. Metodología de la Investigación 4ta Edición. (SAMPIERI, R. et al., p.240).

- ❖ Tipo de muestreo: fue no probabilístico o dirigido. “Las muestras dirigidas son válidas en cuanto a que un determinado diseño de investigación así las requiere; sin embargo, los resultados se aplican nada más a la muestra en sí o a muestras similares en tiempo y lugar (transferencia de resultados)”. Metodología de la Investigación 5ta Edición. (SAMPIERI, R. et al., p.401).

Tabla 4. Número de muestras por unidad de muestreo.

Muestra en estudio	Efluente laguna facultativa	Efluente humedal artificial a escala experimental
Número	01	04

Fuente: Elaboración propia.

Para el monitoreo del efluente del humedal artificial, se tomó una muestra por cada tiempo de retención (horas) del sistema.

Tabla 5. Número de muestras por tiempo de retención.

Muestra	Tiempo de retención (horas)
01	0
02	23.4
03	31.2
04	39
05	46.8

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Para la recolección de datos (técnicas e instrumentos)

Para el desarrollo de la investigación y previo a la recolección de datos se diseñó una planta de tratamiento de aguas residuales a escala experimental con datos que fueron recolectados de la laguna facultativa del Distrito de Santa María del Valle ubicado en la localidad de Pacaypampa.

3.3.1.1. CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Se realizó la caracterización de las aguas residuales tomando como referencia el afluente y efluente de la laguna facultativa, ello para tener como línea base los datos a usar en nuestro diseño y construcción de nuestra planta a escala experimental de fitorremediación.

Envío de muestras

Haciendo el uso de los materiales enviados por el laboratorio SGS DEL PERU S.AC., se realizó la toma de muestras y su envío tal como sigue:

- Las muestras para el efluente fueron tomadas el día 08/03/2018 a las 17:21 horas aproximadamente, luego fueron dispuestos en cajas de tecnopor con su respectivo refrigerante y preservante, así como su respectiva cadena custodia para su envío a laboratorio para analizarlo.
- Las muestras para el afluente fueron tomadas el día 08/03/2018 a las 18:26 horas aproximadamente, luego fueron dispuestos en cajas de tecnopor con su respectivo refrigerante y preservante, así como su respectiva cadena custodia para su envío a laboratorio para analizarlo.
- Luego de recibidas las muestras en el laboratorio, fueron analizados obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 6. Caracterización de aguas residuales afluente – laguna facultativa

Parámetro	Resultado de caracterización
Sólidos Totales en Suspensión	111 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	307.7 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	81.2 mg/L
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	28000000 NMP/100 mL
pH	6.5
Temperatura	22 °C
Conductividad	380 µS/cm

Fuente: Resultados obtenidos del análisis de laboratorio SGS DEL PERÚ.

Tabla 7. Caracterización de aguas residuales efluente – laguna facultativa

Parámetro	Resultado de caracterización
Sólidos Totales en Suspensión	83 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	109.4 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	194.5 mg/L
Numeración de Coliformes Fecales o Termotolerantes	11000000 NMP/100 mL
pH	6.7
Temperatura	20 °C
Conductividad	301 µS/cm

Fuente: Resultados obtenidos del análisis de laboratorio SGS DEL PERÚ.

3.3.1.2. DISEÑO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL CON PLANTAS MACROFITAS FLOTANTES

DISEÑO DEL HUMEDAL A ESCALA REAL

Calculo del caudal

El caudal de diseño se determinó en la entrada de la laguna facultativa haciendo uso de la siguiente formula:

$$Q = V \times A \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

$$Q = \text{caudal} \left(\frac{L}{s} \right)$$

$$V = \text{velocidad} \left(\frac{cm}{s} \right)$$

$$A = \text{área} (cm^2)$$

$$A = b \times h \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

$$A = \text{área} (cm^2)$$

$$b = \text{base} (cm)$$

$$h = \text{altura} (cm)$$

$$V = \frac{d}{t} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

$$V = \text{velocidad} \left(\frac{cm}{s} \right)$$

$$d = \text{distancia} (cm)$$

$$t = \text{tiempo} (s)$$

Para determinar el caudal se hizo referencia del área por donde pasa el flujo de agua que entra en forma de afluente a la laguna facultativa.

$$A = 25 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$$

$$A = 50 \text{ cm}^2$$

La medida del canal donde se hizo el aforo del tiempo recorrido tiene una longitud lineal de 3.00 metros.

Se tomó como referencia del tiempo promedio que logró recorrer en el canal de un punto a otro mediante el siguiente cuadro:

Tabla 8. Mediciones del tiempo para el primer caudal.

medición	tiempo
1	2.43
2	2.39
3	2.17
4	2.54
Tiempo promedio	2.38

Fuente: Elaboración propia.

$$V = \frac{300 \text{ cm}}{2.38 \text{ s}}$$

$$V = 126 \text{ cm/s}$$

Caudal 1:

$$Q = 126 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \times 50 \text{ cm}^2$$

$$Q = 6300 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3} = 6.3 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Para tener un diseño más exacto con respecto al caudal que entra a la laguna facultativa se realizó más mediciones, donde se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 9. Mediciones del tiempo para el segundo caudal.

medición	tiempo
1	2.83
2	2.82
3	2.83
4	2.80
Tiempo promedio	2.82

Fuente: Elaboración propia.

$$V = \frac{300 \text{ cm}}{2.82 \text{ s}}$$

$$V = 106.4 \text{ cm/s}$$

Caudal 2:

$$Q = 106.4 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \times 50 \text{ cm}^2$$

$$Q = 5320 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3} = 5.32 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Tabla 10. Mediciones del tiempo para el tercer caudal.

medición	tiempo
1	2.99
2	2.95
3	2.96
4	3.02
Tiempo promedio	2.98

Fuente: Elaboración propia.

$$V = \frac{300 \text{ cm}}{2.98 \text{ s}}$$

$$V = 100.7 \text{ cm/s}$$

Caudal 3:

$$Q = 100.7 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \times 50 \text{ cm}^2$$

$$Q = 5035 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3} = 5.035 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

Teniendo las mediciones de los 3 caudales se halló el promedio total para tener un caudal representativo para nuestro proyecto.

$$\text{Promedio } Q = \sum Q/3$$

$$\text{Promedio } Q = 6.3 + 5.32 + 5.035/3$$

$$\text{Promedio } Q = 5.5 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

$$Q = 5.5 \frac{\text{L}}{\text{s}} \times \frac{86400 \text{ s}}{1 \text{ día}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} = 475.2 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Estimación del tiempo de retención con el modelo general del diseño

Para diseñar nuestro humedal del tipo artificial de flujo superficial (HAFS), se hizo uso del siguiente modelo, el cual corresponde a una ecuación cinética de primer orden, donde intervienen las concentraciones de afluente y efluente del contaminante a remover, la constante de temperatura y el tiempo de retención.

- Modelo general del diseño

$$\frac{C_e}{C_o} = e^{-K_t T} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

C_e = concentración efluente del contaminante $\left(\frac{mg}{L}\right)$

C_o = concentración afluente del contaminante $\left(\frac{mg}{L}\right)$

K_t = constante de temperatura (d^{-1})

T = tiempo de retención (d)

El tiempo de retención, se obtiene despejando (T) de la **(Ecuación 4)**

$$T = \left[\ln \frac{C_o}{C_e} \right] \times \frac{1}{K_t} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

$K_t = 1.839 d^{-1}$ a 20 °C para aguas residuales municipales.

Partiendo de una concentración inicial de DBO₅ de 109.4 mg/L (ver tabla 8 caracterización de aguas residuales efluente – laguna facultativa) sustituimos en la **(Ecuación 5)**, se tiene que el tiempo de retención del humedal es de:

$$T = \left[\ln \frac{109.4 \text{ mg/L}}{10.94 \text{ mg/L}} \right] \times \frac{1}{1.839 d^{-1}} = 1.252 d \cong 1.3 d$$

$$1.3 d \times \frac{24 h}{1 d} = 31.2 h$$

El valor de 10.94 mg/L es la calidad que debe alcanzar el efluente tratado con un 90% de eficiencia del sistema.

Determinación del área necesaria para la remoción de DBO₅ y sólidos suspendidos

Cálculo remoción de DBO₅

Se tiene la siguiente ecuación para remover el DBO₅

$$As = \frac{Q(\ln C_o - \ln C_e)}{K_t(y)(n)} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

As = área superficial

C_o = concentración del afluente

C_e = concentración del efluente

K_t = constante de remoción de primer orden

y = profundidad

n = porosidad del humedal

$$C_o = (\text{concentración afluente DBO}) = 109.4 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1000\text{L}}{1\text{m}^3} = 109400 \text{ mg/m}^3$$

$$C_e = (\text{concentración efluente DBO}) = 10.94 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times \frac{1000\text{L}}{1\text{m}^3} = 10940 \text{ mg/m}^3$$

$$K_t = 1.839\text{d}^{-1}$$

$n = 0.65 - 0.75$ vegetación densa y madura a muy densa.

En el caso de la *Eichhornia crassipes* se recolectó en periodo de maduración por lo tanto la longitud promedio de la raíz es mayor el cual aumenta la absorción de nutrientes del agua residual, escogemos el primer valor:

$$n = 0.65$$

La profundidad se determinó por la longitud promedio de raíces, cuyo valor es 30 cm y asumiendo 10 cm de borde libre, ello teniendo en cuenta el rango de profundidad para humedales artificiales que es ≤ 1.5 metros.

Sustituimos todos los datos a la (Ecuación 6).

$$As = \frac{475.2 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} (\ln(109400 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}) - (10940 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3}))}{1.839\text{d}^{-1}(0.4 \text{ m})(0.65)}$$

$$As = \frac{475.2 \frac{m^3}{día} (\ln(109400 \frac{mg}{m^3}) - (10940 \frac{mg}{m^3}))}{1.839d^{-1}(0.4 m)(0.65)}$$

$$As = 2288.43 m^2$$

Cálculo remoción de sólidos suspendidos

Para remover la cantidad de sólidos suspendidos en el agua residual es el resultado de las acciones físicas existentes dentro de él, se calculó con la siguiente ecuación:

$$SSE = SSA(0.1139 + 3.3 \times 10^{-4} \times CH) \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

$$SSE = \text{sólidos suspendidos totales del efluente } \left(\frac{mg}{L}\right)$$

$$SSA = \text{sólidos suspendidos totales del afluente } \left(\frac{mg}{L}\right)$$

$$CH = \text{carga hidráulica } \left(\frac{cm}{d}\right)$$

La remoción de sólidos suspendidos totales promedio de un humedal con plantas flotantes es de 80%, por lo tanto, la concentración del SSE es:

$$SSE = 16.6 \frac{mg}{L} \quad (\text{efluente})$$

Ahora, despejamos la carga hidráulica y reemplazando los valores para cada variable en (**La ecuación 7**), se tiene:

$$CH = \frac{\frac{SSE}{SSA} - 0.1139}{3.3 \times 10^{-4}}$$

$$CH = \frac{\frac{16.6 \frac{mg}{L}}{83 \frac{mg}{L}} - 0.1139}{3.3 \times 10^{-4}} = 260.9 \text{ cm/d}$$

Habiendo obtenido la carga hidráulica y el caudal, se halla el área, con la siguiente ecuación:

$$As = \frac{Q}{CH} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Sustituyendo la ecuación 8, se obtiene:

$$A_s = \frac{475.2 \frac{m^3}{día}}{260.9 \frac{cm}{d} \times \frac{1m}{100cm}} = 182.14 m^2$$

Elección del área definitiva para la remoción de contaminantes

A continuación, se observa en la tabla el resumen de los valores obtenidos de las áreas necesarias para remover cada contaminante.

Tabla 11. Áreas requeridas para la remoción de contaminantes.

CONTAMINANTE	EFICIENCIA DE REMOCIÓN (%)	ÁREA REAL NECESARIA (M ²)
DBO ₅	90	2288.43
Sólidos suspendidos totales (SST)	80	182.14

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar en la tabla que el área necesaria para alcanzar una eficiencia de remoción del 90% del DBO₅ es el mayor valor encontrado, por lo tanto, el área definitiva del humedal artificial a escala real es:

$$\text{Área} = 2288.43 m^2$$

Tomando como base el área total, se calcula las dimensiones del humedal artificial a escala real, estableciendo una relación longitud/ancho de 3:1, obteniendo lo siguiente:

$$L(\text{longitud}) = 3W$$

$$A(\text{área}) = L \times W = 3W^2, W = \sqrt{\frac{A}{3}} = \sqrt{\frac{2288.43}{3}} m^2 = 27.62 m$$

$$W(\text{ancho}) = 27.62 m$$

Habiendo obtenido el valor del ancho, se puede hallar la longitud de la siguiente manera:

$$L = 3 \times 27.62 m = 82.86 m$$

Todo humedal trabaja con una pendiente que puede variar de 0 – 2%, por lo tanto, el valor usado normalmente es de 1%.

Terminado el cálculo de las dimensiones del humedal artificial se muestra la información en el siguiente cuadro:

Tabla 12. Dimensiones del humedal artificial a escala real.

PARÁMETRO	VALOR
Caudal	475.2 m ³ /día
Área	2288.43 m ²
Relación L:W	3:1
Largo	82.86 m
Ancho	27.62 m
Profundidad efectiva	0.4 m
Borde libre	0.1 m
Pendiente	1 %

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL A ESCALA EXPERIMENTAL

Realizado el cálculo de las dimensiones establecidas para el humedal artificial a escala real, se tuvo que establecer un factor de escalonamiento, con la finalidad de conservar las medidas entre el humedal artificial a escala real y a escala experimental. El promedio de la profundidad del sistema permanece constante ya que las raíces de las plantas no cambian.

Se asumió un factor de escalonamiento de = **99% = 0.99**.

Caudal a escala experimental

El caudal real y las dimensiones del humedal artificial a escala real se multiplican por este factor, obteniendo las dimensiones del humedal artificial a escala experimental.

$$Q_{experimental} = Q_{real} - (Q_{real} \times \text{Factor de escalonamiento}) \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$\Rightarrow Q_{experimental} = 475.2 \frac{m^3}{día} - (475.2 \frac{m^3}{día} \times 0.99)$$

$$Q_{experimental} = 4.8 \frac{m^3}{día}$$

Convirtiendo a $\frac{mL}{seg}$:

$$4.8 \frac{m^3}{día} \times \frac{1000L}{1m^3} \times \frac{1000mL}{1L} \times \frac{1día}{24h} \times \frac{1h}{60min} \times \frac{1min}{60seg} = 55.6 \frac{mL}{seg}$$

Longitud a escala experimental

Ahora hallamos la longitud de la unidad experimental:

$$Longitud_{exp.} = Longitud_{real} - (Longitud_{real} \times \text{Factor de escala}) \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$\Rightarrow Longitud_{exp.} = 82.86m - (82.86m \times 0.99) = 0.8286m \cong 0.83m$$

$$Longitud_{exp.} = 0.83 m$$

Ancho a escala experimental

Por último, hallamos la escala del ancho del humedal a escala experimental:

$$\begin{aligned} Ancho_{exp.} &= Ancho_{real} - (Ancho_{real} \times \text{Factor de escala}) && \text{(Ecuación 11)} \\ \Rightarrow Ancho_{exp.} &= 27.62m - (27.62m \times 0.99) = 0.2762m \cong 0.28m \end{aligned}$$

$$Ancho_{exp.} = \mathbf{0.28m}$$

Terminado el cálculo de las dimensiones del humedal artificial a escala experimental se muestra la información en el siguiente cuadro:

Tabla 13. Dimensiones del humedal artificial a escala experimental.

PARAMETRO	VALOR
Factor de escala	0.99
Caudal experimental	55.6 ml/seg
Área	0.2324 m ²
Relación L:W	3:1
Largo	0.83 m
Ancho	0.28 m
Profundidad efectiva	0.40 m
Borde libre	0.10 m
Pendiente	1%

Fuente: Elaboración propia.

DISEÑO DE LA CAJA REGULADORA DE CAUDAL

Para controlar el caudal de entrada a nuestro humedal a escala experimental se diseñó una caja reguladora de caudal, para ello se hizo uso de la siguiente ecuación:

$$Q = KxH^{2.5} \quad \text{(Ecuación 12)}$$

Donde:

H = Cabeza sobre vertedero (m)

K = Constante $\left(\frac{m^2}{s}\right)$

Para calcular K se tiene la siguiente ecuación:

$$K = 1.4 \tan \frac{\theta}{2} \quad \text{(Ecuación 13)}$$

La letra griega θ representa el ángulo del vertedero.

$$\theta = 22.5$$

Reemplazamos el valor del ángulo en la (Ecuación 13)

$$K = 1.4 \tan \frac{22.5}{2} = 0.278$$

Ahora, despejamos H de la (**Ecuación 12**), sustituyendo las otras dos variables:

$$Q = 55.6 \frac{mL}{s} \times \frac{1L}{1000mL} \times \frac{1m^3}{1000L} = 5.56 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

$$H = \sqrt[2.5]{\frac{Q}{K}} = \sqrt[2.5]{\frac{5.56 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s}}{0.278}} = 0.03m \cong 3cm$$

Con el caudal y con la cabeza máxima (H), se calculan las siguientes dimensiones:

- D = Distancia desde la cresta al fondo de la caja:

$$D = 2H = 2(3cm) = 6cm.$$

- A = Longitud de la caja aguas arriba de la cresta del vertedero:

$$A = 10H = 10(3cm) = 30cm.$$

- E = Profundidad total de la caja (incluye borde libre de 3 cm):

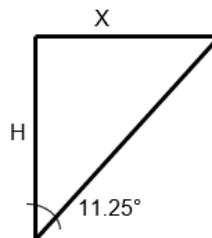
$$E = D + H + \text{borde libre}$$

$$E = 6cm + 3cm + 3cm = 12cm.$$

- F = Distancia desde el vertedero hasta la pantalla de quietamiento:

$$F = 5H = 5(3cm) = 15cm.$$

- B = Ancho total de la caja reguladora donde el ángulo del vertedero es 22.5° .



$$\Rightarrow \tan 11.25 = \frac{X}{H}$$

$$X = \tan 11.25 \times 3cm$$

$$X = 0.60 \times 3 = 1.2cm.$$

Ya que: $B = 4H + X + \text{ancho rebosadero asumido}$

$$B = 4(3cm) + 1.2cm + 5cm$$

$$B = 18.2cm \cong 18.5 cm.$$

En la siguiente tabla se muestra las muestras de dimensiones obtenidas para el diseño de la caja reguladora de caudal.

Tabla 14. Dimensiones de la caja reguladora de caudal.

DIMENSIONES	MEDIDAS
Q (caudal experimental)	55.6 mL/s
A (longitud aguas arriba de la cresta vertical)	30 cm
B (ancho total de la caja)	18.5 cm
D (distancia de la cresta al fondo de la caja)	6 cm
E (profundidad total caja, incluye borde)	12 cm
F (distancia desde el vertedero hasta la pantalla de aquietamiento)	15 cm
H (cabeza máxima)	3 cm

Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.3. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA EXPERIMENTAL

Habiendo establecido las dimensiones del humedal artificial a escala experimental, se determinó que el material apropiado para la construcción fue el vidrio de 6 mm. de espesor.

MONTAJE DEL SISTEMA EXPERIMENTAL

Una vez construidas las unidades del sistema experimental, se procedió a realizar su montaje; el cual incluyó un tanque de almacenamiento de 70 litros en la parte superior.

Se utilizaron soportes para ubicar el tanque de almacenamiento, la caja reguladora de caudal, el humedal artificial experimental (con pendiente de 1%), con la finalidad de suministrar el sistema por gravedad.

3.3.1.4. PUESTA EN MARCHA DEL HUMEDAL ARTIFICIAL EXPERIMENTAL

Una vez realizado el montaje del sistema se procedió a la puesta en marcha, la cual consistió en adaptar las plantas macrófitas acuáticas que serán usadas en el sistema por espacio de 5 días. Después de adaptadas las plantas, se inició el primer transporte de agua residual desde el efluente de la laguna facultativa hasta el tanque de almacenamiento.

Debido a que el flujo es por gravedad se ajustó la altura para cada una de las unidades, por esta razón el tanque de almacenamiento de 70 litros se ubicó en la parte más alta sobre cuatro listones de madera, seguidamente la caja reguladora de caudal que tuvo como función disminuir la presión del agua.

Se realizó un seguimiento a cada uno de los accesorios de entrada y de salida (flautas en tubería PVC, codos, válvulas, entre otros.) revisando que todos los agujeros permitieran el flujo sin obstrucciones o escapes de agua, y evitar de esta forma el correcto funcionamiento del sistema de tratamiento.

3.3.1.5. SEGUIMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A ESCALA EXPERIMENTAL

Inicialmente se llevó a cabo una nueva caracterización del agua residual proveniente de la laguna facultativa (efluente), ello para tomar como dato inicial antes de entrar al sistema experimental, los resultados se aprecian en la siguiente tabla.

Tabla 15. Resultados de caracterización del agua residual proveniente de la laguna facultativa (efluente).

PARÁMETRO	RESULTADO
Sólidos Totales en Suspensión	212 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	112.5 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	412.5 mg/L
Numero de Coliformes fecales o termotolerantes	4900000 NMP/100 mL
pH	6.2
Temperatura	20 °C
Conductividad	501 µS/cm

Fuente: Resultados obtenidos del análisis de laboratorio SGS DEL PERÚ.

Con el fin de establecer el tiempo de retención y evaluar el momento en que alcance la mayor eficiencia en el sistema, se tomó una muestra el día 16 de setiembre del 2018 a horas 18:52, las cuales fueron recolectadas y preservadas teniendo en cuenta cada uno de los parámetros considerados. Se etiquetó y rotuló los frascos preferentemente antes de la toma de muestras de agua y por último llevados para analizarlo en el laboratorio de SGS DEL PERU en la ciudad del Callao. También fueron analizados los parámetros de

campo los cuales fueron: pH, temperatura y conductividad eléctrica además de la medición y registro de caudal.

En el primer muestreo se empezó con la disminución del tiempo de retención del humedal artificial a 25%, es decir 23.4 horas, el resultado se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 16. Resultados del humedal artificial experimental con tiempo de retención inicial de 23.4 horas.

PARÁMETRO	RESULTADO
Sólidos Totales en Suspensión	132 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	99.8 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	271.1 mg/L
Numero de Coliformes fecales o termotolerantes	1300000 NMP/100 mL
pH	6.2
Temperatura	21 °C
Conductividad	487 µS/cm

Fuente: Resultados obtenidos del análisis de laboratorio SGS DEL PERÚ.

Seguidamente se tomó una muestra el día 18 de setiembre del 2018 a horas 17:57, las cuales fueron recolectadas y preservadas teniendo en cuenta cada uno de los parámetros considerados. Se etiquetó y rotuló los frascos preferentemente antes de la toma de muestras de agua y por último ser llevados para analizarlo en el laboratorio de SGS DEL PERU en la ciudad del Callao. También fueron analizados los parámetros de campo los cuales fueron: pH, temperatura y conductividad eléctrica además de la medición y registro de caudal.

Se determinó como tiempo de retención inicial, con respecto a los cálculos realizados el valor de 31.2 horas, los resultados se aprecian en la siguiente tabla.

Tabla 17. Resultados del humedal artificial experimental con tiempo de retención de 31.2 horas.

PARÁMETRO	RESULTADO
Sólidos Totales en Suspensión	26 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	42.5 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	156.8 mg/L
Numero de Coliformes fecales o termotolerantes	7900 NMP/100 mL
pH	6.6
Temperatura	24 °C
Conductividad	414 µS/cm

Fuente: Resultados obtenidos del análisis de laboratorio SGS DEL PERÚ.

Nuevamente se tomó una muestra el día 21 de setiembre del 2018 a horas 19:10, las cuales fueron recolectadas y preservadas teniendo en cuenta cada uno de los parámetros considerados. Se etiquetó y rotuló los frascos preferentemente antes de la toma de muestras de agua y por último ser llevados para analizarlo en el laboratorio de SGS DEL PERU en la ciudad del Callao. También fueron analizados los parámetros de campo los cuales fueron: pH, temperatura y conductividad eléctrica además de la medición y registro de caudal.

En el siguiente muestreo se aumentó el tiempo de retención inicial del humedal artificial a 25%, es decir 39 horas, el resultado se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 18. Resultados del humedal artificial experimental con tiempo de retención de 39 horas.

PARÁMETRO	RESULTADO
Sólidos Totales en Suspensión	31 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	34.7 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	128.4 mg/L
Numero de Coliformes fecales o termotolerantes	230 NMP/100 mL
pH	6.7
Temperatura	27 °C
Conductividad	342 µS/cm

Fuente: Resultados obtenidos del análisis de laboratorio SGS DEL PERÚ.

Por último, tomó una muestra el día 23 de setiembre del 2018 a horas 19:00, las cuales fueron recolectadas y preservadas teniendo en cuenta cada uno de los parámetros considerados. Se etiquetó y rotuló los frascos preferentemente antes de la toma de muestras de agua y por último ser llevados para analizarlo en el laboratorio de SGS DEL PERU en la ciudad del Callao. También fueron analizados los parámetros de campo los cuales fueron: pH, temperatura y conductividad eléctrica además de la medición y registro de caudal.

En el último muestreo se aumentó el tiempo de retención inicial del humedal artificial a 50%, es decir 46.8 horas, el resultado se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 19. Resultados del humedal artificial experimental con tiempo de retención de 46.8 horas.

PARÁMETRO	RESULTADO
Sólidos Totales en Suspensión	68 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	36.5 mg/L
Demanda Química de Oxígeno	166.9 mg/L
Numero de Coliformes fecales o termotolerantes	790 NMP/100 mL
pH	7.5
Temperatura	24 °C
Conductividad	315 µS/cm

Fuente: Resultados obtenidos del análisis de laboratorio SGS DEL PERÚ.

3.3.2. Para la presentación de datos (cuadros y gráficos)

El análisis estadístico de los resultados obtenidos fue analizado mediante el paquete estadístico SPSS versión 25 y Excel, tomando en cuenta las siguientes etapas:

- Etapa 1, los resultados del monitoreo del tratamiento serán procesados en las hojas de cálculo elaborado por el tesista en el programa Excel, de manera que esté disponible para la siguiente etapa.
- Etapa 2, los datos obtenidos en el Excel de los parámetros analizados se digitalizarán en el paquete estadístico SPSS versión 25, y de esa manera se encontró los efectos sobre las variables dependiente e independiente.
- Etapa 3, se realizó la validación de la prueba de hipótesis con nivel de significancia de 0,05 (5%)

3.3.3. Para el análisis e interpretación de los datos

3.3.3.1. Plan de tabulación. Luego de la aprobación del proyecto de investigación, se realizó la recolección de datos, el cual se desarrolló con los resultados de las variables y la relación entre ellas en base a los objetivos planteados:

- Se gestionó con la Municipalidad distrital de Santa María del Valle, la autorización para la ejecución del proyecto de investigación.
- Se hizo una inspección a la laguna facultativa e identificar el área de estudio para la obtención de las muestras.

- Se realizó la tabulación y conteo de los datos recopilados mediante registros de campo.
- Se presentó la información en cuadros estadísticos.
- Se realizó el análisis, interpretación y comparación de los datos considerando los resultados obtenidos.
- Por último, se planteó las conclusiones y recomendaciones derivadas de los resultados de la investigación.

3.3.3.2. Prueba estadística. Para el contraste de la hipótesis se utilizó el método del Coeficiente de Correlación de Pearson para lo cual se ejecutó el siguiente procedimiento:

Paso 1 (redacción de la hipótesis).

Hipótesis de investigación:

H_a: Es posible determinar la capacidad fitorremediadora por el proceso de fitodegradación a escala experimental con dos especies acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa, Distrito de Santa María del Valle.

H₀: No es posible determinar la capacidad fitorremediadora por el proceso de fitodegradación a escala experimental con dos especies acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa, Distrito de Santa María del Valle.

Paso 2 (Determinación del nivel de significancia).

Se determinó un nivel de significancia utilizado que fue de $\alpha = 0.05$ (95%)

Paso 3 (Elección de la prueba estadística).

El Coeficiente de Correlación de Pearson implica el desarrollo de la siguiente fórmula:

$$r = \frac{\sum xy}{N\sigma_x\sigma_y} \text{ (Ecuación 14)}$$

Dónde:

r = correlación entre las variables X, Y

x = desviación de una puntuación X respecto a la media $Mx = (X - Mx)$.

y = desviación de una puntuación Y respecto a la media $My = (Y - My)$.

σ_x = desviación estandar de la distribución de puntuaciones X .

σ_y = desviación estandar de la distribución de puntuaciones Y .

N = número de datos.

Paso 4 (Determinación del grado de libertad).

$$gl = n - 1$$

$$gl = 5 - 1 = 4$$

Paso 5 (Regla de rechazo).

La regla de decisión es: si el valor calculado es menor o igual que el nivel de significancia, se debe rechazar la hipótesis nula.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Procesamiento de datos (cuadros estadísticos con su respectivo análisis e interpretación)

El procesamiento de datos se realizó en función a los objetivos de la investigación.

4.1.1. Resultado de la relación que existe entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función a los parámetros físico – químicos en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.

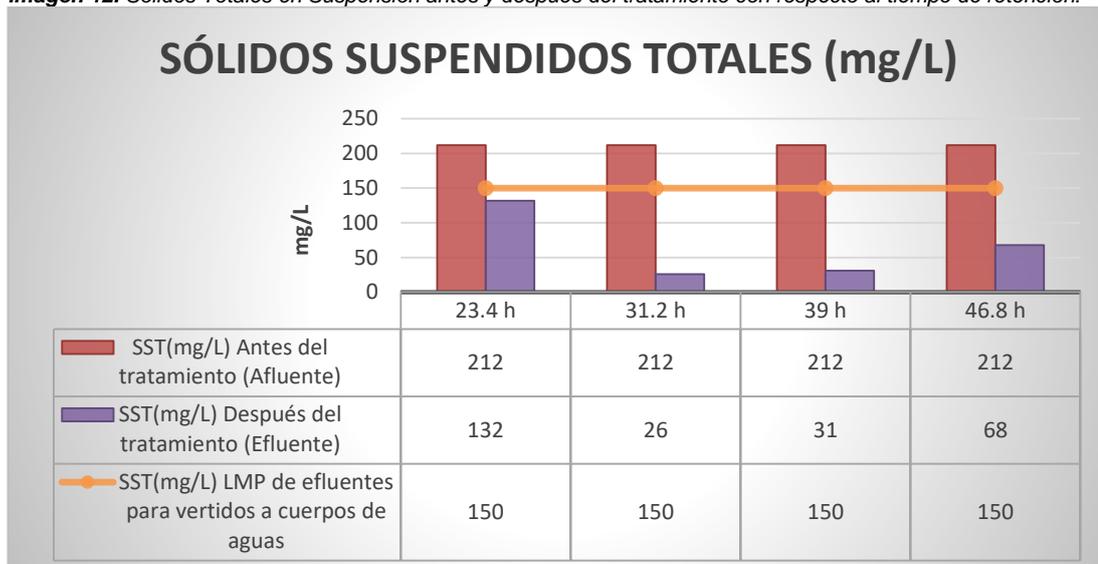
Fue elaborado a partir de los resultados del análisis de laboratorio de los parámetros físico – químicos (sólidos totales en suspensión, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, pH, temperatura y conductividad), el cual se muestra a continuación:

Tabla 20. Sólidos Totales en Suspensión antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.

MUESTRA - TIEMPO DE RETENCIÓN DEL SISTEMA (h)	SST (mg/L)		
	Antes del tratamiento (Afluente)	Después del tratamiento (Efluente)	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
23.4 h	212	132	150
31.2 h	212	26	150
39 h	212	31	150
46.8 h	212	68	150
TOTAL	848	257	
PROMEDIO	212	64.25	

Fuente: Resultados obtenidos del análisis de laboratorio SGS DEL PERÚ.

Imagen 12. Sólidos Totales en Suspensión antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis e Interpretación:

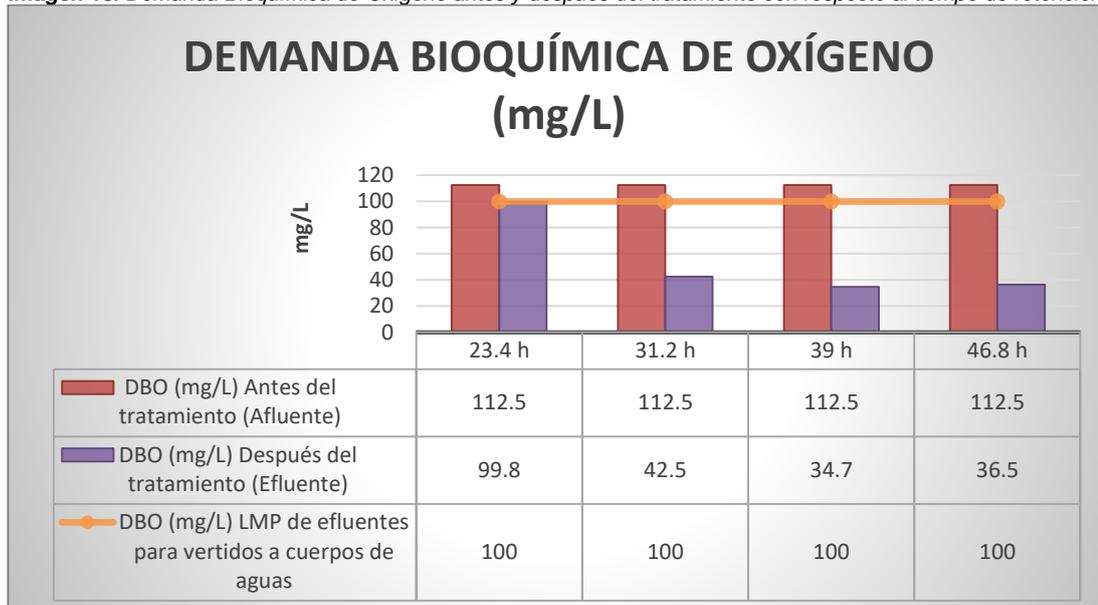
Los resultados que se muestran en la tabla 21 y la figura 12, son datos cuantitativos, obtenidos del humedal artificial a escala experimental antes y después del tratamiento en función al tiempo de retención del sistema en horas, para luego ser analizados en el laboratorio de SGS DEL PERÚ, se observa que los sólidos totales en suspensión presenta una tendencia decreciente de en el tiempo de retención de 23.4 horas de 212 mg/L a 132 mg/L, en el tiempo de retención de 31.2 horas de 212 mg/L a 26 mg/L, en el tiempo de retención de 39 horas de 212 mg/L a 31 mg/L y en el tiempo de retención de 46.8 horas de 212 mg/L a 68 mg/L; con ello concluimos que el parámetro evaluado se encuentra por debajo de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR (D.S. N° 003-2010-MINAM).

Tabla 21. Demanda Bioquímica de Oxígeno antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.

DBO (mg/L)			
MUESTRA - TIEMPO DE RETENCIÓN DEL SISTEMA (h)	Antes del tratamiento (Afluente)	Después del tratamiento (Efluente)	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
23.4 h	112.5	99.8	100
31.2 h	112.5	42.5	100
39 h	112.5	34.7	100
46.8 h	112.5	36.5	100
TOTAL	450	213.5	
PROMEDIO	112.5	53.375	

Fuente: Resultados obtenidos del análisis de laboratorio SGS DEL PERÚ.

Imagen 13. Demanda Bioquímica de Oxígeno antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención



Fuente: Elaboración propia.

Análisis e Interpretación:

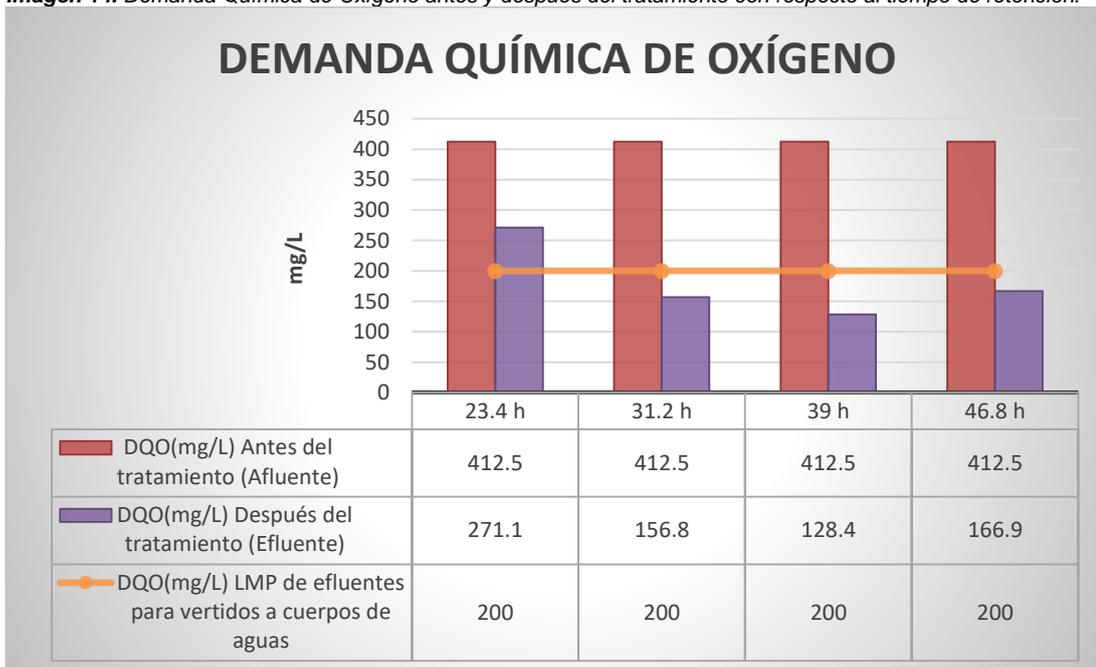
Los resultados que se muestran en la tabla 22 y la figura 13, son datos cuantitativos, obtenidos del humedal artificial a escala experimental antes y después del tratamiento en función al tiempo de retención del sistema en horas, para luego ser analizados en el laboratorio de SGS DEL PERÚ, se observa que la demanda bioquímica de oxígeno presenta una tendencia decreciente en el tiempo de retención de 23.4 horas de 112.5 mg/L a 99.8 mg/L, en el tiempo de retención de 31.2 horas de 112.5 mg/L a 42.5 mg/L, en el tiempo de retención de 39 horas de 112.5 mg/L a 34.7 mg/L y en el tiempo de retención de 46.8 horas de 112.5 mg/L a 36.5 mg/L; con ello concluimos que el parámetro evaluado se encuentra por debajo de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR (D.S. N° 003-2010-MINAM).

Tabla 22. Demanda Química de Oxígeno antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.

MUESTRA - TIEMPO DE RETENCIÓN DEL SISTEMA (h)	DQO (mg/L)		
	Antes del tratamiento (Afluente)	Después del tratamiento (Efluente)	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
23.4 h	412.5	271.1	200
31.2 h	412.5	156.8	200
39 h	412.5	128.4	200
46.8 h	412.5	166.9	200
TOTAL	1650	723.2	
PROMEDIO	412.5	180.8	

Fuente: Resultados obtenidos del análisis de laboratorio SGS DEL PERÚ.

Imagen 14. Demanda Química de Oxígeno antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis e Interpretación:

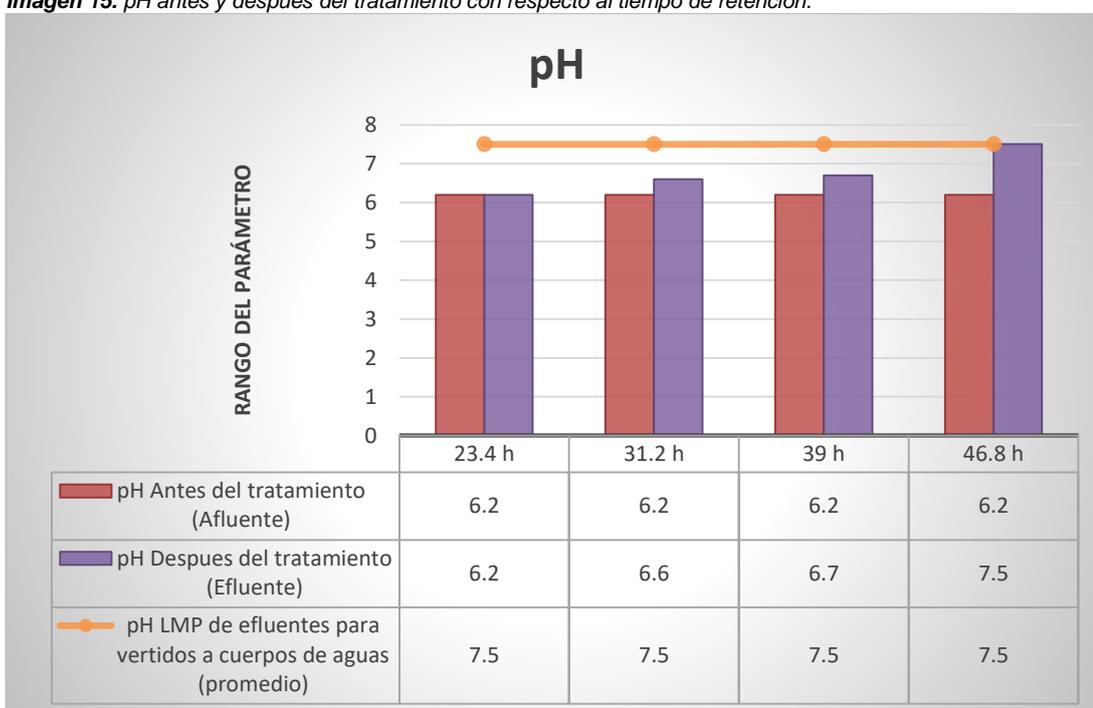
Los resultados que se muestran en la tabla 23 y la figura 14, son datos cuantitativos, obtenidos del humedal artificial a escala experimental antes y después del tratamiento en función al tiempo de retención del sistema en horas, para luego ser analizados en el laboratorio de SGS DEL PERÚ, se observa que la demanda química de oxígeno presenta una tendencia decreciente en el tiempo de retención de 23.4 horas de 412.5 mg/L a 271.1 mg/L, en el tiempo de retención de 31.2 horas de 412.5 mg/L a 156.8 mg/L, en el tiempo de retención de 39 horas de 412.5 mg/L a 128.4 mg/L y en el tiempo de retención de 46.8 horas de 412.5 mg/L a 166.9 mg/L; con ello concluimos que el parámetro evaluado se encuentra por debajo de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR (D.S. N° 003-2010-MINAM) a excepción del tiempo de retención de 23.4 horas que está por encima del LMP.

Tabla 23. pH antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.

MUESTRA - TIEMPO DE RETENCIÓN DEL SISTEMA	pH		
	Antes del tratamiento (Afluente)	Después del tratamiento (Efluente)	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas (promedio)
23.4 h	6.2	6.2	7.5
31.2 h	6.2	6.6	7.5
39 h	6.2	6.7	7.5
46.8 h	6.2	7.5	7.5
TOTAL	24.8	27	
PROMEDIO	6.2	6.75	

Fuente: Resultados obtenidos del análisis de laboratorio SGS DEL PERÚ.

Imagen 15. pH antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis e Interpretación:

Los resultados que se muestran en la tabla 24 y la figura 15, son datos cuantitativos, obtenidos del humedal artificial a escala experimental antes y después del tratamiento en función al tiempo de retención del sistema en horas, para luego ser analizados en el laboratorio de SGS DEL PERÚ, se observa que el pH en el tiempo de retención de 23.4 horas presenta un valor estable de 6.2, así como una tendencia de crecimiento en el tiempo de retención de 31.2 horas de 6.2 a 6.6, en el tiempo de retención de 39 horas de 6.2 a 6.7 y en el tiempo de retención de 46.8 horas de 6.2 a 7.5; con ello

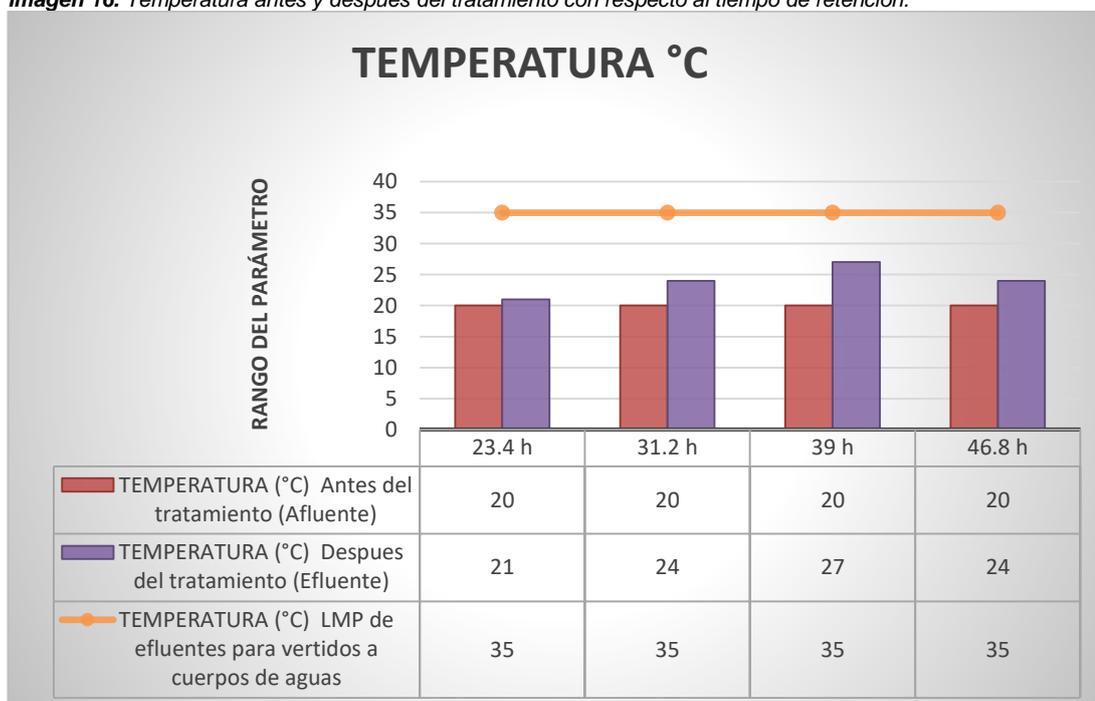
concluimos que el parámetro evaluado se encuentra por debajo de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR (D.S. N° 003-2010-MINAM).

Tabla 24. Temperatura antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.

MUESTRA - TIEMPO DE RETENCIÓN DEL SISTEMA	TEMPERATURA (°C)		
	Antes del tratamiento (Afluente)	Después del tratamiento (Efluente)	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
23.4 h	20	21	35
31.2 h	20	24	35
39 h	20	27	35
46.8 h	20	24	35
TOTAL	80	96	
PROMEDIO	20	24	

Fuente: Resultados obtenidos del análisis de laboratorio SGS DEL PERÚ.

Imagen 16. Temperatura antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis e Interpretación:

Los resultados que se muestran en la tabla 25 y la figura 16, son datos cuantitativos, obtenidos del humedal artificial a escala experimental antes y después del tratamiento en función al tiempo de retención del sistema en horas, para luego ser analizados en el laboratorio de SGS DEL PERÚ, se observa que la temperatura presenta una tendencia de crecimiento en el

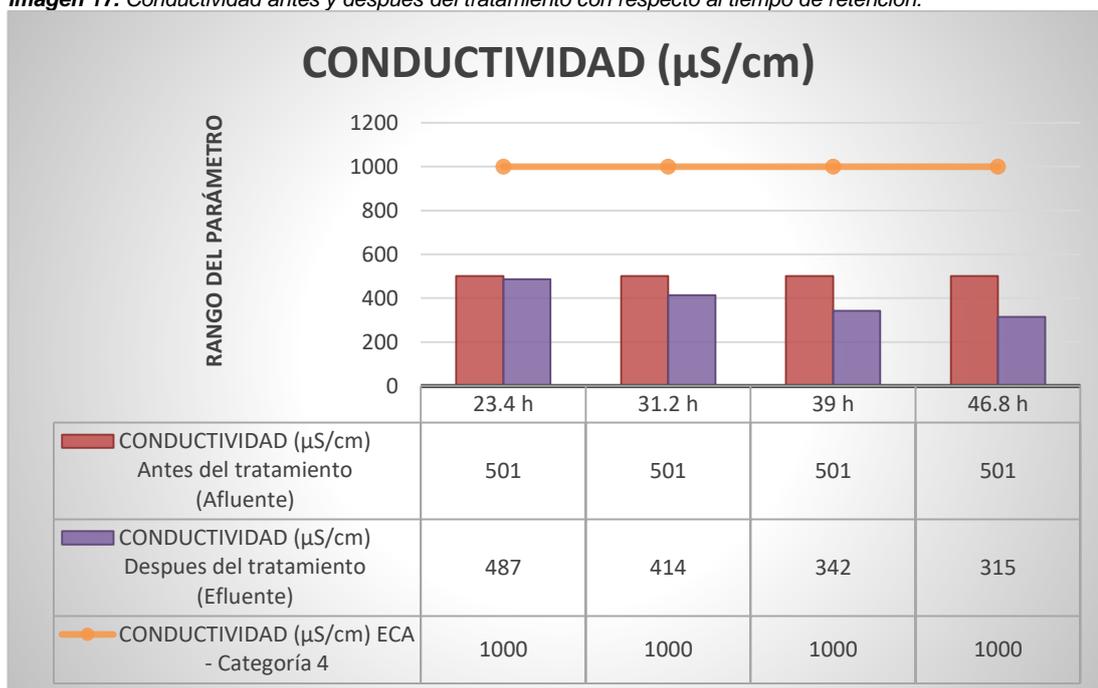
tiempo de retención de 23.4 horas de 20 °C a 21 °C, en el tiempo de retención de 31.2 horas de 20 °C a 24 °C, en el tiempo de retención de 39 horas de 20 °C a 27 °C y en el tiempo de retención de 46.8 horas de 20 °C a 24 °C; con ello concluimos que el parámetro evaluado se encuentra por debajo de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR (D.S. N° 003-2010-MINAM).

Tabla 25. Conductividad antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.

MUESTRA - TIEMPO DE RETENCIÓN DEL SISTEMA	CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		
	Antes del tratamiento (Afluente)	Después del tratamiento (Efluente)	ECA - Categoría 4
23.4 h	501	487	1000
31.2 h	501	414	1000
39 h	501	342	1000
46.8 h	501	315	1000
TOTAL	2004	1558	
PROMEDIO	501	389.5	

Fuente: Resultados obtenidos del análisis de laboratorio SGS DEL PERÚ.

Imagen 17. Conductividad antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis e Interpretación:

Los resultados que se muestran en la tabla 26 y la figura 17, son datos cuantitativos, obtenidos del humedal artificial a escala experimental antes y después del tratamiento en función al tiempo de retención del sistema en

horas, para luego ser analizados en el laboratorio de SGS DEL PERÚ, se observa que la conductividad presenta una tendencia decreciente en el tiempo de retención de 23.4 horas de 501 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 487 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en el tiempo de retención de 31.2 horas de 501 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 414 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en el tiempo de retención de 39 horas de 501 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 342 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en el tiempo de retención de 46.8 horas de 501 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 315 $\mu\text{S}/\text{cm}$; con ello concluimos que el parámetro evaluado se encuentra por debajo del ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático (D.S. N° 004-2017-MINAM).

4.1.2. Resultado de la relación que existe entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función a al parámetro microbiológico en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.

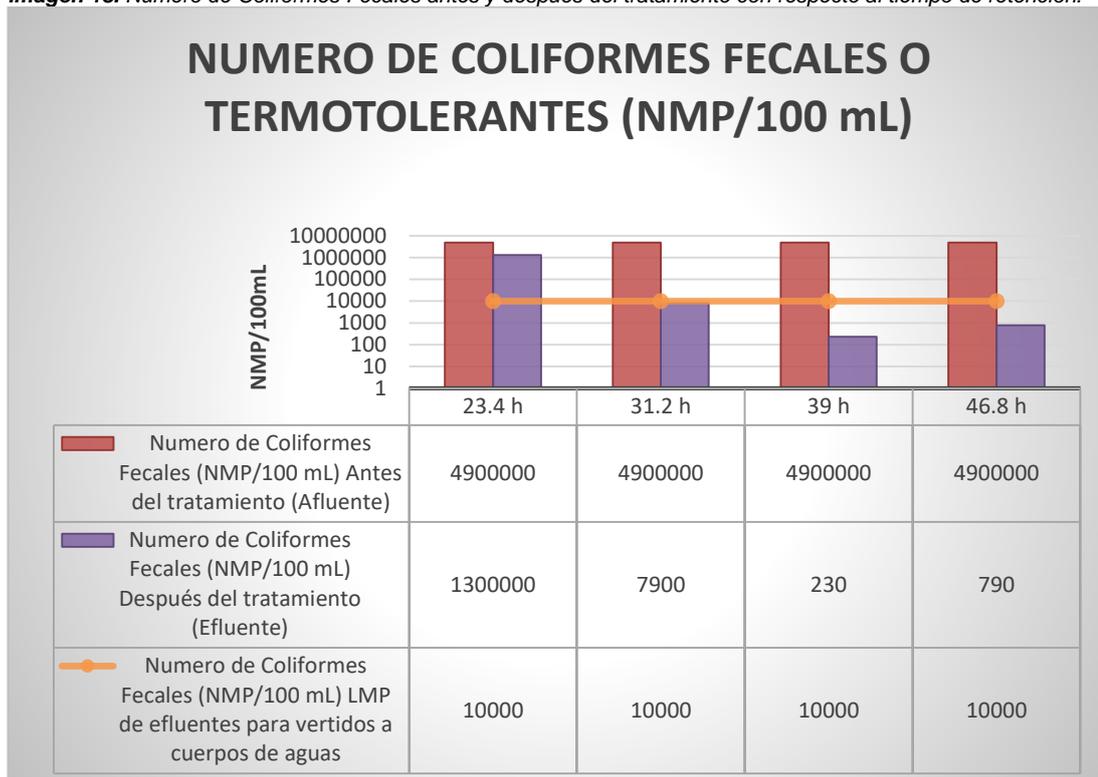
Fue elaborado a partir de los resultados del análisis de laboratorio del parámetro microbiológico (número de coliformes fecales o termotolerantes), el cual se muestra a continuación:

Tabla 26. Número de Coliformes Fecales antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.

MUESTRA - TIEMPO DE RETENCIÓN DEL SISTEMA (h)	Numero de Coliformes Fecales o Termotolerantes (NMP/100 mL)		
	Antes del tratamiento (Afluente)	Después del tratamiento (Efluente)	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
23.4 h	4900000	1300000	10000
31.2 h	4900000	7900	10000
39 h	4900000	230	10000
46.8 h	4900000	790	10000
TOTAL	19600000	1308920	
PROMEDIO	4900000	327230	

Fuente: Resultados obtenidos del análisis de laboratorio SGS DEL PERÚ.

Imagen 18. Número de Coliformes Fecales antes y después del tratamiento con respecto al tiempo de retención.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis e Interpretación:

Los resultados que se muestran en la tabla 27 y la figura 18, son datos cuantitativos, obtenidos del humedal artificial a escala experimental antes y después del tratamiento en función al tiempo de retención del sistema en horas, para luego ser analizados en el laboratorio de SGS DEL PERÚ, se observa que el número de coliformes fecales o termotolerantes presenta una tendencia decreciente en el tiempo de retención de 23.4 horas de 4900000 NMP/100mL a 1300000 NMP/100mL, en el tiempo de retención de 31.2 horas de 4900000 NMP/100mL a 7900 NMP/100mL, en el tiempo de retención de 39 horas de 4900000 NMP/100mL a 230 NMP/100mL y en el tiempo de retención de 46.8 horas de 4900000 NMP/100mL a 790 NMP/100mL; con ello concluimos que el parámetro evaluado se encuentra por debajo de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR (D.S. N° 003-2010-MINAM) a excepción del tiempo de retención de 23.4 horas que está por encima del LMP.

4.2. Contrastación de hipótesis y prueba de hipótesis

La contrastación de las hipótesis de la tesis fue realizada en función a los objetivos planteados, utilizando la prueba r de Pearson con un nivel de significancia del 0.05.

4.2.1. Prueba de Hipótesis 1

Para la contrastación de la Hipótesis se evaluó la relación entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función a los parámetros físico – químicos en el sistema a escala experimental, a continuación, se muestra el planteamiento de la hipótesis estadística:

- **H_{a1}**: Existe relación entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función a los parámetros físico – químicos en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.
- **H₀₁**: No existe relación entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función a los parámetros físico – químicos en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.

Nivel de significancia (α) = 0.05

$$r = \frac{\sum xy}{N\sigma_x\sigma_y}$$

Dónde:

r = correlación entre las variables X, Y

x = desviación de una puntuación X respecto a la media $Mx = (X - Mx)$.

y = desviación de una puntuación Y respecto a la media $My = (Y - My)$.

σ_x = desviación estandar de la distribución de puntuaciones X .

σ_y = desviación estandar de la distribución de puntuaciones Y .

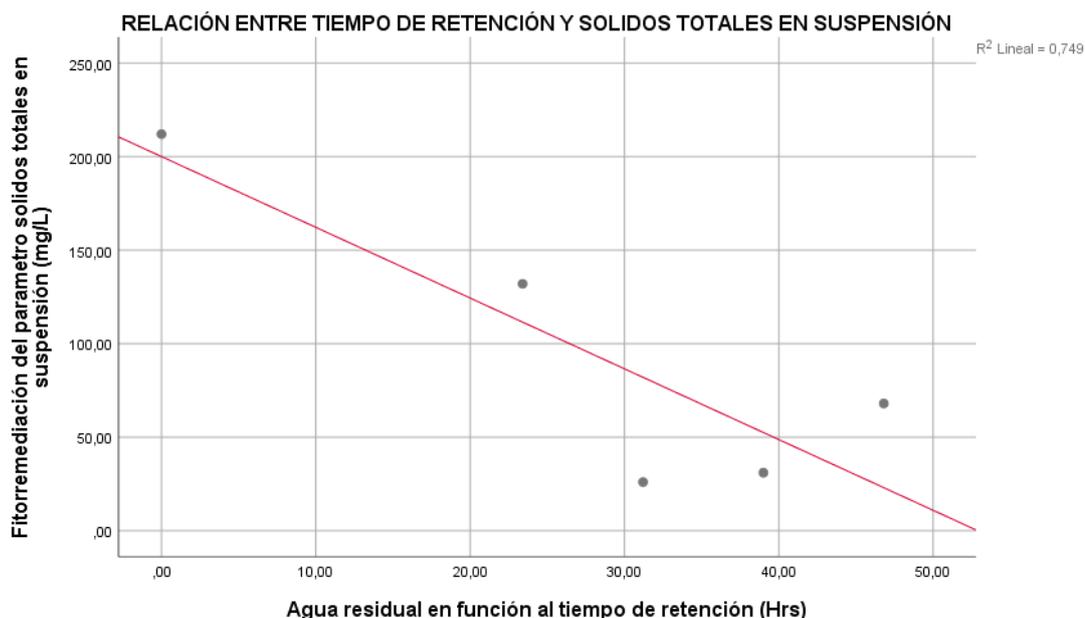
N = número de datos.

Tabla 27. Relación entre las aguas residuales (en función al tiempo de retención) y la fitorremediación (parámetro sólidos totales en suspensión) en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobiium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.

VARIABLES	Fitorremediación (parámetro sólidos totales en suspensión)	
	r	p
Aguas residuales (en función al tiempo de retención)	- 0,865	0,048

Fuente: Resultados obtenidos de la Prueba de Correlación SPSS v25.

Imagen 19. Relación entre el tiempo de retención y sólidos totales en suspensión.



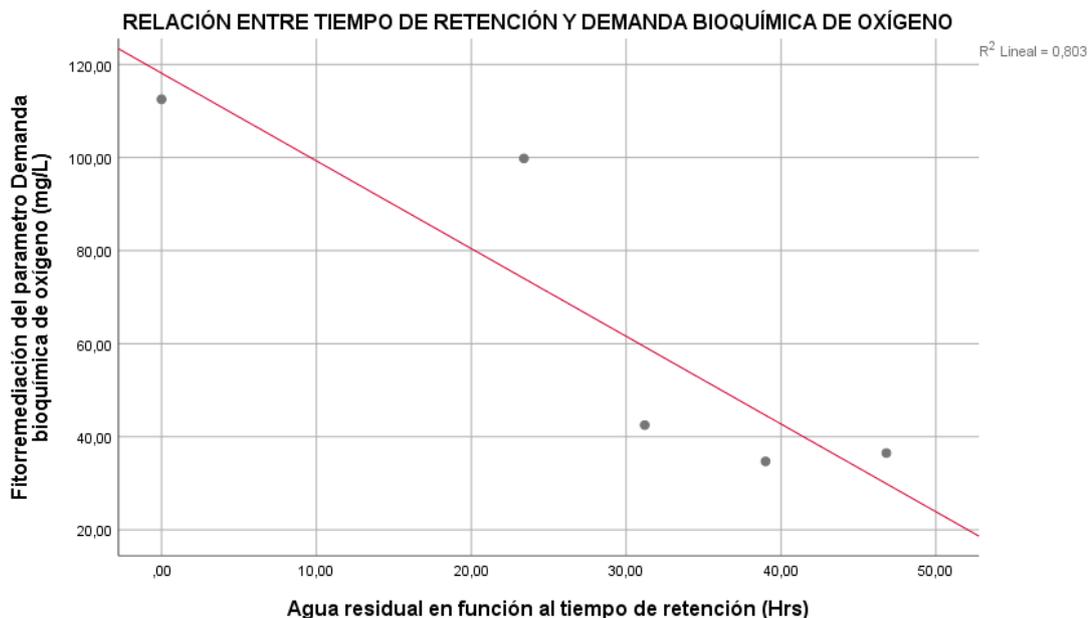
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28. Relación entre las aguas residuales (en función al tiempo de retención) y la fitorremediación (parámetro demanda bioquímica de oxígeno) en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobiium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.

VARIABLES	Fitorremediación (parámetro demanda bioquímica de oxígeno)	
	r	p
Aguas residuales (en función al tiempo de retención)	- 0,896	0,039

Fuente: Resultados obtenidos de la Prueba de Correlación SPSS v25.

Imagen 20. Relación entre el tiempo de retención y demanda bioquímica de oxígeno.



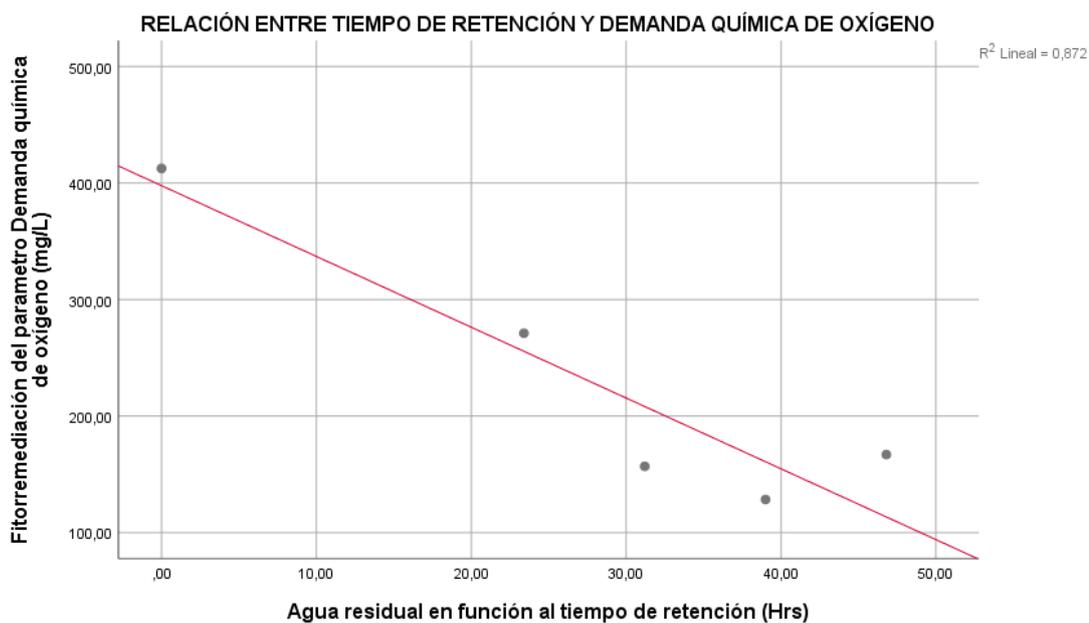
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Relación entre las aguas residuales (en función al tiempo de retención) y la fitorremediación (parámetro demanda química de oxígeno) en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.

VARIABLES	Fitorremediación (parámetro demanda química de oxígeno)	
	r	p
Aguas residuales (en función al tiempo de retención)	- 0,934	0,020

Fuente: Resultados obtenidos de la Prueba de Correlación SPSS v25.

Imagen 21. Relación entre el tiempo de retención y demanda química de oxígeno.



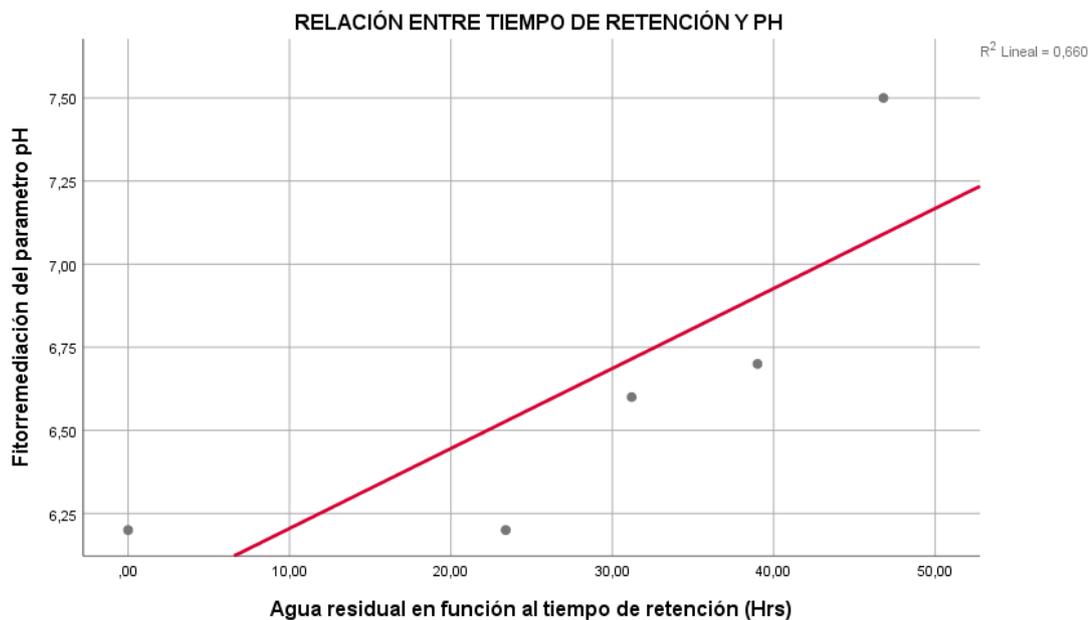
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Relación entre las aguas residuales (en función al tiempo de retención) y la fitorremediación (parámetro pH) en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobiium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.

VARIABLES	Fitorremediación (parámetro pH)	
Aguas residuales (en función al tiempo de retención)	r	p
	0,812	0,030

Fuente: Resultados obtenidos de la Prueba de Correlación SPSS v25.

Imagen 22. Relación entre el tiempo de retención y pH.



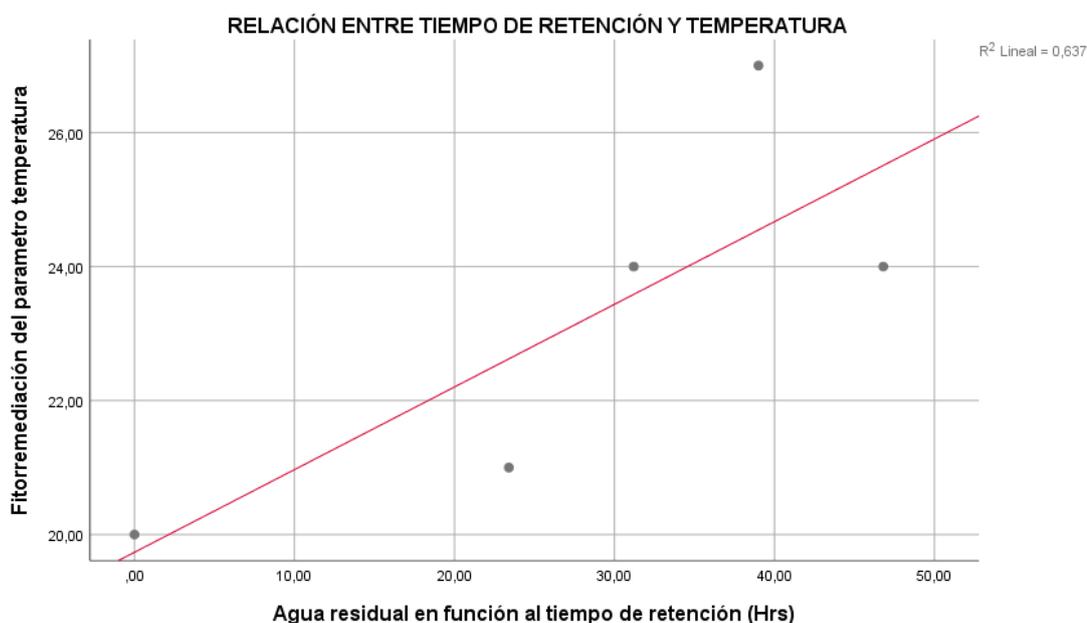
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Relación entre las aguas residuales (en función al tiempo de retención) y la fitorremediación (parámetro temperatura) en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobiium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.

VARIABLES	Fitorremediación (parámetro temperatura)	
Aguas residuales (en función al tiempo de retención)	r	p
	0,798	0,105

Fuente: Resultados obtenidos de la Prueba de Correlación SPSS v25.

Imagen 23. Relación entre el tiempo de retención y temperatura.



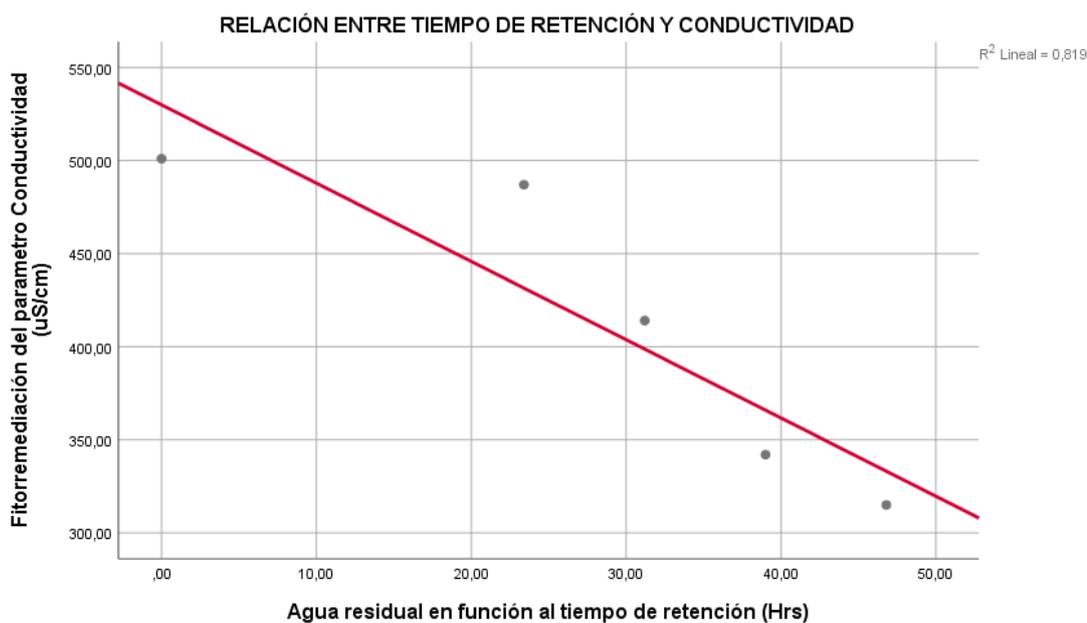
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Relación entre las aguas residuales (en función al tiempo de retención) y la fitorremediación (parámetro conductividad) en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.

VARIABLES	Fitorremediación (parámetro conductividad)	
	r	p
Aguas residuales (en función al tiempo de retención)	-0,905	0,035

Fuente: Resultados obtenidos de la Prueba de Correlación SPSS v25.

Imagen 24. Relación entre el tiempo de retención y conductividad.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis e Interpretación:

Analizando estadísticamente la relación entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función a los parámetros físico – químicos en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*, se obtuvo lo siguiente:

- ✓ Para el parámetro sólidos totales en suspensión, en forma cuantitativa entre los puntajes, se obtuvo un nivel de significancia 0.048, el cual es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis NULA. Con un nivel de confianza del 95% y 5% de probabilidad de error, se demostró que existe una correlación estadística significativa de -0.865; es decir existe una correlación negativa alta entre variables, con una relación dependiente de -0.865 es decir -86.5% al respecto esta relación demuestra la tendencia:

Cuanto mayor sea el tiempo de retención en el sistema menor será la cantidad de sólidos totales en suspensión.

- ✓ Para el parámetro demanda bioquímica de oxígeno, en forma cuantitativa entre los puntajes, se obtuvo un nivel de significancia 0.039, el cual es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis NULA. Con un nivel de confianza del 95% y 5% de probabilidad de error, se demostró que existe una correlación estadística significativa de -0.896; es decir existe una correlación negativa alta entre variables, con una relación dependiente de -0.896 es decir -89.6% al respecto esta relación demuestra la tendencia:

Cuanto mayor sea el tiempo de retención en el sistema menor será la cantidad de demanda bioquímica de oxígeno.

- ✓ Para el parámetro demanda química de oxígeno, en forma cuantitativa entre los puntajes, se obtuvo un nivel de significancia 0.020, el cual es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis NULA. Con un nivel de confianza del 95% y 5% de probabilidad de error, se demostró que existe una correlación estadística significativa de -0.934; es decir existe una correlación negativa muy alta entre variables, con una relación

dependiente de -0.934 es decir -93.4% al respecto esta relación demuestra la tendencia:

Cuanto mayor sea el tiempo de retención en el sistema menor será la cantidad de demanda química de oxígeno.

- ✓ Para el parámetro pH, en forma cuantitativa entre los puntajes, se obtuvo un nivel de significancia 0.030, el cual es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis NULA. Con un nivel de confianza del 95% y 5% de probabilidad de error, se demostró que existe una correlación estadística significativa de 0.812; es decir existe una correlación positiva alta entre variables, con una relación dependiente de 0.812 es decir 81.2% al respecto esta relación demuestra la tendencia:

Cuanto mayor sea el tiempo de retención en el sistema mayor será la cantidad de pH.

- ✓ Para el parámetro temperatura, en forma cuantitativa entre los puntajes, se obtuvo un nivel de significancia 0.105, el cual es mayor a 0.05; por lo tanto, se acepta la hipótesis NULA. Con un nivel de confianza del 95% y 5% de probabilidad de error, se demostró que existe una correlación estadística significativa de 0,798; es decir existe una correlación positiva alta entre variables, con una relación dependiente de 0.798 es decir 79.8% al respecto esta relación demuestra la tendencia:

Cuanto mayor sea el tiempo de retención en el sistema mayor será la temperatura.

- ✓ Para el parámetro conductividad, en forma cuantitativa entre los puntajes, se obtuvo un nivel de significancia 0.035, el cual es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis NULA. Con un nivel de confianza del 95% y 5% de probabilidad de error, se demostró que existe una correlación estadística significativa de -0.905; es decir existe una correlación negativa muy alta entre variables, con una relación dependiente de -0.905 es decir -90.5% al respecto esta relación demuestra la tendencia:

Cuanto mayor sea el tiempo de retención en el sistema menor será la cantidad de conductividad.

4.2.2. Prueba de Hipótesis 2

Para la contrastación de la Hipótesis se evaluó la relación entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función a al parámetro microbiológico en el sistema a escala experimental, a continuación, se muestra el planteamiento de la hipótesis estadística:

- **H_{a2}:** Existe relación entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función al parámetro microbiológico en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.
- **H₀₂:** No existe relación entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función al parámetro microbiológico en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.

Nivel de significancia (α) = 0.05

$$r = \frac{\sum xy}{N\sigma_x\sigma_y}$$

Dónde:

r = correlación entre las variables X, Y

x = desviación de una puntuación X respecto a la media $M_x = (X - M_x)$.

y = desviación de una puntuación Y respecto a la media $M_y = (Y - M_y)$.

σ_x = desviación estandar de la distribución de puntuaciones X .

σ_y = desviación estandar de la distribución de puntuaciones Y .

N = número de datos.

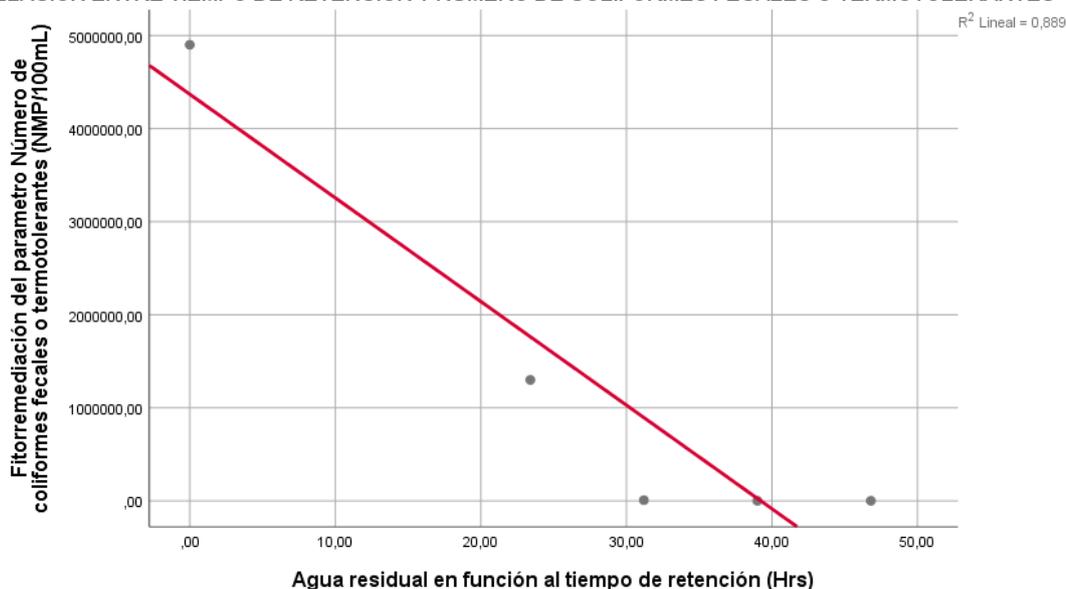
Tabla 33. Relación entre las aguas residuales (en función al tiempo de retención) y la fitorremediación (parámetro número de coliformes fecales o termotolerantes) en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.

VARIABLES	Fitorremediación (parámetro número de coliformes fecales o termotolerantes)	
	r	p
Aguas residuales (en función al tiempo de retención)	- 0,943	0,016

Fuente: Resultados obtenidos de la Prueba de Correlación SPSS v25.

Imagen 25. Relación entre el tiempo de retención y número de coliformes fecales o termotolerantes.

RELACIÓN ENTRE TIEMPO DE RETENCIÓN Y NUMERO DE COLIFORMES FECALES O TERMOTOLERANTES



Fuente: Elaboración propia.

Análisis e Interpretación:

Analizando estadísticamente la relación entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función al parámetro microbiológico en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*, se obtuvo lo siguiente:

- ✓ Para el parámetro coliformes fecales o termotolerantes, en forma cuantitativa entre los puntajes, se obtuvo un nivel de significancia 0.016, el cual es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis NULA. Con un nivel de confianza del 95% y 5% de probabilidad de error, se demostró que existe una correlación estadística significativa de -0.943; es decir existe una correlación negativa muy alta entre variables, con una relación dependiente de -0.943 es decir -94.3% al respecto esta relación demuestra la tendencia:

Cuanto mayor sea el tiempo de retención en el sistema menor será la cantidad de coliformes fecales o termotolerantes.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según los resultados obtenidos en la tesis, se realizó la contrastación del trabajo de investigación:

- ❖ Referente a la relación que existe entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función a los parámetros físico – químicos en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.

Para sólidos totales en suspensión después del tratamiento se redujo en: 23.4 horas (132 mg/L), 31.2 horas (26 mg/L), 39 horas (31 mg/L) y 46.8 horas (68 mg/L), concluyendo que los resultados se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR (D.S. N° 003-2010-MINAM). Se obtuvo un nivel de significancia de 0.048, el cual es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis NULA. Cuanto mayor sea el tiempo de retención en el sistema menor será la cantidad de sólidos totales en suspensión.

Para demanda bioquímica de oxígeno después del tratamiento se redujo en: 23.4 horas (99.8 mg/L), en 31.2 horas (42.5 mg/L), en 39 horas (34.7 mg/L) y 46.8 horas (36.5 mg/L), concluyendo que los resultados se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR (D.S. N° 003-2010-MINAM). Se obtuvo un nivel de significancia de 0.039, el cual es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis NULA. Cuanto mayor sea el tiempo de retención en el sistema menor será la cantidad de demanda bioquímica de oxígeno.

Para demanda química de oxígeno después del tratamiento se redujo en: 23.4 horas (271.1 mg/L), en 31.2 horas (156.8 mg/L), en 39 horas (128.4 mg/L) y 46.8 horas (166.9 mg/L), concluyendo que los resultados se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR (D.S. N° 003-2010-MINAM). Se obtuvo un nivel de significancia de 0.020, el cual es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis NULA. Cuanto mayor sea el tiempo

de retención en el sistema menor será la cantidad de demanda química de oxígeno.

Para pH después del tratamiento aumentó en: 23.4 horas (6.2), en 31.2 horas (6.6), en 39 horas (6.7) y 46.8 horas (7.5), concluyendo que los resultados se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR (D.S. N° 003-2010-MINAM). Se obtuvo un nivel de significancia de 0.030, el cual es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis NULA. Cuanto mayor sea el tiempo de retención en el sistema mayor será la cantidad de pH.

Para temperatura después del tratamiento aumentó en: 23.4 horas (21 °C), en 31.2 horas (24 °C), en 39 horas (27 °C) y 46.8 horas (24 °C), concluyendo que los resultados se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR (D.S. N° 003-2010-MINAM). Se obtuvo un nivel de significancia de 0.105, el cual es mayor a 0.05; por lo tanto, se acepta la hipótesis NULA. Cuanto mayor sea el tiempo de retención en el sistema mayor será la temperatura.

Para conductividad después del tratamiento se redujo en: 23.4 horas (487 $\mu\text{S/cm}$), en 31.2 horas (414 $\mu\text{S/cm}$), en 39 horas (342 $\mu\text{S/cm}$) y 46.8 horas (315 $\mu\text{S/cm}$), concluyendo que los resultados se encuentran por debajo del ECA para Agua, Categoría 4: Conservación del ambiente acuático (D.S. N° 004-2017-MINAM). Se obtuvo un nivel de significancia de 0.035, el cual es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis NULA. Cuanto mayor sea el tiempo de retención en el sistema menor será la cantidad de conductividad.

- ❖ Referente a la relación que existe entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función a al parámetro microbiológico en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*.

Para coliformes fecales o termotolerantes después del tratamiento se redujo en: 23.4 horas (1300000 NMP/100mL), en 31.2 horas (7900 NMP/100mL), en 39 horas (230 NMP/100mL) y 46.8 horas (790 NMP/100mL), concluyendo que los resultados se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR

(D.S. N° 003-2010-MINAM). Se obtuvo un nivel de significancia de 0.016, el cual es menor a 0.05; por lo tanto, se rechaza la hipótesis NULA. Cuanto mayor sea el tiempo de retención en el sistema menor será la cantidad de coliformes fecales o termotolerantes.

CONCLUSIONES

De la discusión de los resultados de la tesis, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- ✓ Se determinó la capacidad fitorremediadora por el proceso de fitodegradación a escala experimental con dos especies acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa, Distrito de Santa María del Valle, ello mediante los resultados obtenidos de laboratorio, concluyendo que se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR.

- ✓ Se identificó que existe relación entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función a los parámetros físico – químicos en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*, ello mediante la prueba estadística de correlación que nos indica, mayor sea el tiempo de retención en el sistema menor será la cantidad de parámetros físico – químicos.

- ✓ Se identificó que existe relación entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función al parámetro microbiológico en el sistema a escala experimental usando las especies *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes*, ello mediante la prueba estadística de correlación que nos indica, mayor sea el tiempo de retención en el sistema menor será la cantidad de parámetros microbiológicos.

RECOMENDACIONES

A partir de las conclusiones mencionadas en la presente investigación, se formuló las siguientes recomendaciones:

- Con respecto al deficiente funcionamiento de la laguna facultativa, el cual se tiene como único medio de tratamiento de las aguas residuales del Distrito de Santa María del Valle, se recomienda al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), cumplir su labor de supervisar y fiscalizar el adecuado manejo de las aguas residuales domésticas. Así mismo a la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), regular, supervisar y fiscalizar la prestación de los servicios de saneamiento en el Distrito de Santa María del Valle.
- A la Municipalidad Distrital de Santa María del Valle, implementar el sistema de humedal de flujo libre superficial, haciendo el uso de plantas acuáticas macrófitas *Eichhornia crassipes* y *Limnobium Laevigatum*, el cual fue objeto de la tesis de investigación y dio como resultado un tratamiento óptimo en términos de tiempo y eficiencia, de esa manera reducir el aumento significativo de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que son indicadores de la calidad ambiental.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Andrade Jiménez, K. C. (Septiembre de 2015). Tesis. *FITORREMEDIACIÓN MEDIANTE EL USO DE DOS ESPECIES VEGETALES Eichhornia crassipes MART. (JACINTO DE AGUA), Pistia stratiotes L. (LECHUGA DE AGUA) EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PROCEDENTES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. Nueva Loja, Ecuador.
2. Aoyama, I., Nishizaki, H., & Yagi, M. (1986). Uptake of nitrogen and phosphate, and water purification capacity by water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms). *Berichte des Ôhara Instituts für Landwirtschaftliche Biologie, Okayama Universität, 77-89*.
3. Aponte, H., & Pacherras, C. (2013). Crecimiento y propagación de *Limnobium laevigatum*. *The Biologist, 69-78*.
4. Arias Martínez, S. A., Betancur Toro , F. M., Gómez Rojas, G., Salazar Giraldo, J. P., & Hernández Ángel, M. L. (2010). Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. 14-24.
5. Asturnatura.com. (16 de Marzo de 2015). *Asturnatura.com*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2017, de <https://www.asturnatura.com/especie/eichhornia-crassipes.html>
6. Bove , C. P. (2016). *Hydrocharitaceae in Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Obtenido de Jardim Botânico do Rio de Janeiro. : <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB17824>
7. Confederación Hidrográfica del Ebro. (Enero de 2009). Guía Visual de Campo. *Macrófitos de la Cuenca del Ebro*. España: Cemeyká.
8. Coronel Castro, E. (2015). Tesis. *Eficiencia del Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) y Lenteja de agua (Lemna minor) en el tratamiento de las aguas residuales de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas-Chachapoyas*. Chachapoyas, Perú.

9. Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Cochabamba: Nelson Antequera Durán.
10. DIGESA - GESTA AGUA. (s.f.). *Parámetros Físicoquímicos*. Obtenido de [digesa.minsa.gob.pe: http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf)
11. DIGESA - GESTA AGUA. (s.f.). *Parámetros Microbiológicos*. Obtenido de [digesa.minsa.gob.pe: http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf)
12. Ecologistas en Acción. (Junio de 2008). *ecologistasenaccion.org*. Obtenido de [Fitorremediación: https://www.ecologistasenaccion.org/article17857.html](https://www.ecologistasenaccion.org/article17857.html)
13. Encyclopedia of Life. (2016). *Encyclopedia of Life*. Obtenido de <http://www.eol.org>
14. Espigares García, M., & Pérez López, J. A. (s.f.). *Documentos de consulta*. Obtenido de <http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/IndiDoc2.htm>
15. Estruct plan on line. (2001-2002). *estrucplan.com.ar*. Obtenido de Efluentes Líquidos: <http://www.estrucplan.com.ar/contenidos-efluentes-liquidados-test.asp>
16. García Rubio , D. A., & Leal Correa, D. C. (2006). TESIS. *DESARROLLO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL PILOTO CON ESPECIES NO CONVENCIONALES PARA MITIGAR LA CONTAMINACIÓN GENERADA POR EL VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL CENTRO DE VISITANTES DEL PARQUE NACIONAL NATURAL AMACAYACU – AMAZONAS*. Bogotá, Colombia: Universidad de La Salle.
17. García Trujillo, Z. M. (2012). *Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas*. Lima, Perú.

18. Hilty, J. (2004-2017). *illinoiswildflowers.info*. Obtenido de http://www.illinoiswildflowers.info/wetland/plants/sponge_plant.html
19. IDEAM. (13 de Mayo de 2014). SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA - GRUPO PROGRAMA DE FÍSICOQUÍMICA AMBIENTAL . *FÓSFORO TOTAL EN AGUA POR DIGESTION ACIDA, MÉTODO DEL ACIDO ASCORBICO*. Bogotá D.C., Colombia.
20. MINAM. (15 de Octubre de 2005). Ley General del Ambiente N° 28611 . *Art. 31 Del Estandar de Calidad Ambiental*. Lima, Perú.
21. MINAM. (15 de Octubre de 2005). Ley Genral del Ambiente N° 28611. *Art. 32 Del Límite Máximo Permisible*. Lima, Perú.
22. Morera Arguedas, A. (Mayo de 2013). *serquimsa.com*. Obtenido de Parámetros de control de un sistema biológico: <http://www.serquimsa.com/articulo-informativo-mayo-2013/>
23. Paredes Salazar, J. L. (2015). Tesis. *Optimización de la fitorremediación de mercurio en humedales de flujo continuo empleando Eichhornia crassipes "Jacinto de agua"*. Tingo María, Perú.
24. Peña, C., Carter, D., & Ayala-Fierro, F. (2001). *Toxicología Ambiental: Evaluación de Riesgos y Restauración Ambiental*. Arizona: University of Arizona.
25. Ramirez, D. W., & Cano, A. (2010). Estado de la diversidad de la flora vascular de los Pantanos de Villa (Lima-Perú). *Revista Peruana de Biología*, 111-114.
26. Rodriguez Chumbe, M. I., & García García , K. A. (2011). Tesis. *Depuración de aguas servidas, utilizando plantas acuáticas, en la ciudad de Moyobamba*. Moyobamaba, Perú.
27. Rojas Sandoval, J., & Acevedo Rodríguez, P. (11 de Octubre de 2017). *cabi.org*. Obtenido de Invasive Species Compendium: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/20544>
28. Sculthorpe, C. (1967). *The biology of aquatic vascular plants*. London.
29. Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (Junio de 2003). *Norma Ambiental sobre Calidad del Agua y Control de Descargas*. Santo Domingo, República Dominicana: Buho.

30. Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo. (s.f.). Características de las Aguas Residuales Urbanas. En *Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas* (pág. 18). ARPIrelieve.
31. Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo. (s.f.). Humedales Artificiales. En *MANUAL DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS* (págs. 219-260). ARPIrelieve.
32. Secretariado Alianza por el Agua / Ecología y Desarrollo. (s.f.). Lagunaje. En *MANUAL DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS* (págs. 149-217). ARPIrelieve.
33. Torres, P. (2012). *PERSPECTIVAS DEL TRATAMIENTO ANAEROBIO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN PAÍSES EN DESARROLLO*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149225098009>
34. USDA-APHIS. (2013). Weed risk assessment for *Limnobium laevigatum* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Heine (Hydrocharitaceae) - South American spongeplant. *Animal and Plant*, 16.
35. Valderrama (1996). Uso de dos especies de macrófitas acuáticas, *Limnovium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales agroindustriales. *Vniversitas Scientiarum*, 83-97.
36. Valderrama, L., Campos, C., Velandia, S., & Zapata, N. (2003). Evaluación del efecto del tratamiento con plantas acuáticas (*E. crassipes*, *Lemna* sp. y *L. laevigatum*) en la remoción de indicadores de contaminación fecal en aguas residuales domésticas. *Seminario internacional sobre metodos naturales para el tratamiento de aguas residuales*, 193-201.
37. Van de Witte, Y., & Wageningen. (27 de Julio de 2017). *cabi.org*. Obtenido de *Invasive Species Compendium*: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/115273>
38. Verdejo, E., Palmerín, J. A., Aibar, J., Cirujeda, A., Taberner, A., & Zaragoza, C. (2006). El lirio de Agua *Eichhornia crassipes*. *Plantas Invasoras. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica.*, 7.
39. Yee-Batista, C. (31 de Diciembre de 2013). *Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas*.

Obtenido de Banco Mundial, BIRF – AIF:
<http://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>

40. Zhu, Y. L., Zayed, A. M., Qian, J. H., De Souza, M., & Terry, N. (1999). Phytoaccumulation of Trace Elements by Wetland Plants: II. Water Hyacinth. *Journal of Environmental Quality Abstract*, 339-344.

ANEXOS (Matriz de consistencia, instrumentos, planes o sesiones de clase, programa o talleres, nóminas)

Anexo N° 1

Resolución de Aprobación del proyecto de trabajo de investigación

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N°113-2018-CF-FI-UDH

Huánuco, 09 de febrero de 2018

Visto, el Oficio N°028-C-PAIC-FI-UDH-2018, del Coordinador Académico de Ingeniería Ambiental, referente al bachiller Poll, CARHUARICRA FERRER, del Programa Académico Ingeniería Ambiental Facultad de Ingeniería, quien solicita Aprobación del Proyecto de Investigación;

CONSIDERANDO:

Que, según Resolución N° 529-99-CO-UH, de fecha 06.09.99, se aprueba el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería, vigente;

Que, según el Expediente 089-18, del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, informa que el Proyecto de Investigación Presentado por el bachiller Poll, CARHUARICRA FERRER, ha sido aprobado, y

Que, según Oficio N° 028-C-PAIC-FI-UDH-2017, del Presidente de la Comisión de Grados y Títulos del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, informa que el recurrente ha cumplido con levantar las observaciones hechas por la Comisión de Grados y Títulos, respecto al Proyecto de Investigación; y

Estando a lo acordado por el Consejo de Facultad de fecha 09 de febrero de 2018 y normado en el Estatuto de la Universidad, Art. N° 44 inc.r);

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- APROBAR, el Proyecto de Investigación Títulado:

“FITORREMEDIACION POR EL PROCESO DE FITODEGRADACION CON DOS ESPECIES MACROFITAS ACUATICAS, LIMNOBIUM LAEVIGATUM Y EICHHORNIA CRASSIPES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DE LA LAGUNA FACULTATIVA EN LA LOCALIDAD DE PACAIPAMPA, DISTRITO DE SANTA MARIA DEL VALLE (HUÁNUCO), PERIODO ENERO – FEBRERO 2018” presentado por el bachiller Poll, CARHUARICRA FERRER, para optar el Título de Ingeniera Ambiental del programa académico de ingeniería ambiental de la Universidad de Huánuco.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE, ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
CONSEJO DE FACULTAD
Ing. JOHNNY P. JACHA TOLIAS
SECRETARIO DOCENTE



Distribución

Fic. de Ingeniería - D. MA - CGT - Asesor - Exp. Coordinando - **Intervenido** - Archivo
RSQ-GLT

Anexo N° 2

Resolución de nombramiento de Asesor

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO Facultad de Ingeniería

RESOLUCIÓN N° 1193-2018-D-FI-UDH

Huánuco, 12 de diciembre de 2018

Visto, el Oficio N° 736-C-PAIA-FI-UDH-2018 presentado por el Coordinador de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental y el Expediente N° 2601-18, del estudiante **Poll, CARHUARICRA FERRER**, quién desarrollará el proyecto de Tesis, solicita cambio de Asesor de Tesis.

CONSIDERANDO:

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art. 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 2601-18, presentado por el [Ja] estudiante **Poll, CARHUARICRA FERRER**, quién desarrollará el proyecto de Tesis, solicita cambio de Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación, y;

Que, con Resolución N° 778-2017-D-FI-UDH, de fecha 20 de Noviembre de 2017, en la cual se designa como Asesor de Tesis del estudiante **Poll, CARHUARICRA FERRER** a la Ing. Magalli Ivonne Reyes Córdova, la misma que a la fecha no tiene vínculo laboral con esta Universidad, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 31 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

SE RESUELVE:

Artículo Primero.- **DEJAR SIN EFECTO**, la Resolución N° 778-2017-D-FI-UDH, de fecha 20 de Noviembre de 2017.

Artículo Segundo.- **DESIGNAR**, como nuevo Asesor de Tesis del estudiante **Poll, CARHUARICRA FERRER** al Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas, Docente de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería.

Regístrese, comuníquese, archívese



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CONSEJO DE FACULTAD
Ing. JOHNNY P. JACHA ROJAS
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
DECANO
Mg. Bartha Campos Ríos
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Dirección

Dec. de Ingeniería - ASPA - Asesor - Cap. Coordinando - Mal. y Reg. Acad. - File Personal - Interactivo - Archivo
070/070/000

Anexo N° 3

Matriz de consistencia

TÍTULO: “FITORREMEDIACIÓN POR EL PROCESO DE FITODEGRADACIÓN CON DOS ESPECIES MACRÓFITAS ACUÁTICAS, *Limnobiium laevigatum* Y *Eichhornia crassipes* PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA LAGUNA FACULTATIVA EN LA LOCALIDAD DE PACAYPAMPA, DISTRITO DE SANTA MARÍA DEL VALLE (HUÁNUCO), AGOSTO – SETIEMBRE 2018”.

TESISTA: BACH. POLL CARHUARICRA FERRER.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN						
<p>Problema General.</p> <p>¿Es posible determinar la capacidad fitorremediadora por el proceso de fitodegradación a escala experimental con dos especies acuáticas, <i>Limnobiium laevigatum</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> en el tratamiento de aguas residuales de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa, Distrito de Santa María del Valle (Huánuco), Agosto - Setiembre 2018?</p>	<p>Objetivo General.</p> <p>Determinar la capacidad fitorremediadora por el proceso de fitodegradación a escala experimental con dos especies acuáticas, <i>Limnobiium laevigatum</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> en el tratamiento de aguas residuales de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa, Distrito de Santa María del Valle (Huánuco), Agosto – Setiembre 2018.</p> <p>Objetivos Específicos.</p>	<p>Hipótesis General.</p> <p>Es posible determinar la capacidad fitorremediadora por el proceso de fitodegradación a escala experimental con dos especies acuáticas, <i>Limnobiium laevigatum</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> en el tratamiento de aguas residuales de la laguna facultativa en la localidad de Santa María del Valle.</p> <p>Hipótesis Específicos.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE(X)</p> <p>Aguas residuales domésticas.</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE(Y)</p> <p>Fitorremediación con las especies <i>Limnobiium laevigatum</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>.</p>	<p>Tipo de investigación:</p> <p>El tipo de investigación es básica o pura.</p> <p>Método de investigación:</p> <p>El método a utilizar es el descriptivo – correlacional.</p> <div style="text-align: center;"> <pre> graph TD N((N)) --> X((X)) N((N)) --> Y((Y)) X((X)) -- r --> Y((Y)) </pre> </div> <p>Donde:</p> <p>N= muestra de estudio X=variable independiente (Aguas residuales domésticas)</p>	<p>POBLACIÓN:</p> <p>La población considerada para esta investigación fue las aguas residuales domésticas de la laguna facultativa que se encuentra en la localidad de Pacaypampa, Distrito de Santa María del Valle.</p> <p>MUESTRA:</p> <p>La presente investigación es no probabilística, (SAMPIERI, R. et al., p.240).</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Muestra en estudio</th> <th>Efluente laguna facultativa</th> <th>Efluente humedal artificial a escala experimental</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Número</td> <td>01</td> <td>04</td> </tr> </tbody> </table>	Muestra en estudio	Efluente laguna facultativa	Efluente humedal artificial a escala experimental	Número	01	04
Muestra en estudio	Efluente laguna facultativa	Efluente humedal artificial a escala experimental									
Número	01	04									

<p>Problemas Específicos.</p> <p>¿Es posible Identificar la relación que existe entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función a los parámetros físico – químicos en el sistema a escala experimental usando las especies <u>Limnobium laevigatum</u> y <u>Eichhornia crassipes</u>?</p> <p>¿Es posible identificar la relación que existe entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función al parámetro microbiológico en el sistema a escala experimental usando las especies <u>Limnobium laevigatum</u> y <u>Eichhornia crassipes</u>?</p>	<p>Identificar la relación que existe entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función a los parámetros físico – químicos en el sistema a escala experimental usando las especies <u>Limnobium laevigatum</u> y <u>Eichhornia crassipes</u>.</p> <p>Identificar la relación que existe entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función al parámetro microbiológico en el sistema a escala experimental usando las especies <u>Limnobium laevigatum</u> y <u>Eichhornia crassipes</u>.</p>	<p>Existe relación entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función a los parámetros físico – químicos en el sistema a escala experimental usando las especies <u>Limnobium laevigatum</u> y <u>Eichhornia crassipes</u>.</p> <p>Existe relación entre las aguas residuales en función al tiempo de retención y la fitorremediación en función al parámetro microbiológico en el sistema a escala experimental usando las especies <u>Limnobium laevigatum</u> y <u>Eichhornia crassipes</u>.</p>		<p>Y=variable dependiente (Fitorremediación)</p> <p>r=relación entre variable independiente y dependiente.</p>	
---	--	--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N° 4

Instrumentos de recolección de datos

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Nombre de la PTAR: <i>LAGUNA FACULTATIVA - SANTA MARÍA DEL VALLE</i>				
AFLUENTE:				
Denominación del punto de monitoreo: <i>Afluente laguna facultativa</i>				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Conductividad
<i>08/03/2018</i>	<i>16:34</i>	<i>6.5</i>	<i>22 °C</i>	<i>380 µS/cm</i>
Eventuales observaciones al punto de monitoreo:				
Características del agua residual: <i>presenta color crema, así como olor fuerte por la alta carga orgánica.</i>				
EFLUENTE:				
Denominación del punto de monitoreo: <i>Efluente laguna facultativa</i>				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Conductividad
<i>08/03/2018</i>	<i>18:12</i>	<i>6.7</i>	<i>20 °C</i>	<i>301 µS/cm</i>
Eventuales observaciones al punto de monitoreo:				
Características del agua residual: <i>presenta color crema más claro q' el afluente, no presenta olor fuerte.</i>				

Santa María del Valle, 08 de marzo del 2018

[Firma]
Responsable del Muestreo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Nombre de la PTAR: <i>HUMEDAL ARTIFICIAL - ESCALA EXPERIMENTAL</i>				
AFLUENTE:				
Denominación del punto de monitoreo: <i>Afluente humedal artificial</i>				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Conductividad
<i>16/09/2018</i>	<i>18:05</i>	<i>6.2</i>	<i>20 °C</i>	<i>501 µS/cm</i>
Eventuales observaciones al punto de monitoreo:				
Características del agua residual: <i>presenta color crema, se percibe olor característico a agua residual.</i>				
EFLUENTE:				
Denominación del punto de monitoreo: <i>Efluente humedal artificial</i>				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Conductividad
<i>16/09/2018</i>	<i>18:15</i>	<i>6.2</i>	<i>21 °C</i>	<i>487 µS/cm</i>
Eventuales observaciones al punto de monitoreo:				
Características del agua residual: <i>presenta color crema claro, no percibe olor fuerte.</i>				

Santa María del Valle, 16 de septiembre del 2018

[Firma]
Responsable del Muestreo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Nombre de la PTAR: <i>HUMEDAL ARTIFICIAL - ESCALA EXPERIMENTAL</i>				
AFLUENTE:				
Denominación del punto de monitoreo: <i>Afluente humedal artificial</i>				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Conductividad
<i>18/09/2018</i>	<i>16:50</i>	<i>6.2</i>	<i>20°C</i>	<i>501 µS/cm</i>
Eventuales observaciones al punto de monitoreo:				
Características del agua residual: <i>presenta color crema, se percibe olor característico a agua residual</i>				
EFLUENTE:				
Denominación del punto de monitoreo: <i>Efluente humedal artificial</i>				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Conductividad
<i>18/09/2018</i>	<i>17:03</i>	<i>6.6</i>	<i>24°C</i>	<i>414 µS/cm</i>
Eventuales observaciones al punto de monitoreo:				
Características del agua residual: <i>presenta color crema claro, no percibe olor fuerte</i>				

Santa María del Valle, 18 de Septiembre del 2018

[Signature]
Responsable del Muestreo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Nombre de la PTAR: <i>HUMEDAL ARTIFICIAL - ESCALA EXPERIMENTAL</i>				
AFLUENTE:				
Denominación del punto de monitoreo: <i>Afluente humedal artificial</i>				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Conductividad
<i>21/09/2018</i>	<i>18:15</i>	<i>6.2</i>	<i>20°C</i>	<i>501 µS/cm</i>
Eventuales observaciones al punto de monitoreo:				
Características del agua residual: <i>presenta color crema, se percibe olor característico a agua residual</i>				
EFLUENTE:				
Denominación del punto de monitoreo: <i>Efluente humedal artificial</i>				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Conductividad
<i>21/09/2018</i>	<i>18:25</i>	<i>6.7</i>	<i>27°C</i>	<i>342 µS/cm</i>
Eventuales observaciones al punto de monitoreo:				
Características del agua residual: <i>presenta color crema claro, no percibe olor fuerte, presencia de microalgas.</i>				

Santa María del Valle, 21 de Septiembre del 2018

[Signature]
Responsable del Muestreo

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Nombre de la PTAR: <i>HUMEDAL ARTIFICIAL - ESCALA EXPERIMENTAL</i>				
AFLUENTE:				
Denominación del punto de monitoreo: <i>Afluente humedal artificial</i>				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Conductividad
<i>23/09/2018</i>	<i>18:05</i>	<i>6.2</i>	<i>20°C</i>	<i>501 µS/cm</i>
Eventuales observaciones al punto de monitoreo:				
Características del agua residual: <i>presenta color crema, se percibe olor característico a agua residual.</i>				
EFLUENTE:				
Denominación del punto de monitoreo: <i>Efluente humedal artificial</i>				
Fecha	Hora	pH	Temperatura	Conductividad
<i>23/09/2018</i>	<i>18:15</i>	<i>7.5</i>	<i>24°C</i>	<i>315 µS/cm</i>
Eventuales observaciones al punto de monitoreo:				
Características del agua residual: <i>presenta color crema claro con pigmentos verdes de las microalgas.</i>				

Santa María del Valle, 23 de Septiembre del 2018

Responsable del Muestreo
[Firma]

Anexo N° 5

Registro de cadena de custodia para monitoreo de agua

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

N° 200144

LABORATORIO CALLE Avenida Pizarro 3018, Calle 1 Teléfono: 011 441 1882 E-mail: pcal@sgs.com		LABORATORIO AREQUIPA Calle San Juan N° 275, Pampa Industrial Teléfono: 084 220260 E-mail: are@sgs.com		LABORATORIO CAJAMARCA Calle Arevalo Mariscal 207, Centro Comercial Teléfono: 076 247173 E-mail: caj@sgs.com			
DATOS DEL CLIENTE Cliente: <u>MIL CAMPESINOS PERU</u> Contacto: <u>96294197</u> E-mail: <u>polio@campesinosperu.com</u> Proyecto: <u>PROYECTO FERRER - FERRER MEDIANAS</u> Lugar de Inspección: <u>LAGUNA FACULTAD</u> Coordenadas UTM: <u>1894 ARM</u> Dirección: <u>CALLE ANTONIO J. GONZALEZ 14</u> Teléfono: <u>96294197</u> E-mail: <u>polio@campesinosperu.com</u>		FACTURAS RUC: <u>205100101</u> Dirección: <u>PERU</u> Contacto: <u>96294197</u> Teléfono: <u>96294197</u> Muestreado por: <u>SGS</u> Presencia del Monitor: <u>SI</u> Periodico: <input type="checkbox"/> No Periodico: <input type="checkbox"/> Especial: <input type="checkbox"/>		Análisis requeridos / Preservantes AGUA NATURAL ANA: Agua natural AWA: Agua a analizar AA: Agua de lluvia AS: Agua superficial ADA: Agua de río ADA: Agua de quebrada ADA: Agua de manantial AGUA RESIDUAL ARD: Agua residual de industria ARB: Agua residual de comercio ARS: Agua residual de servicios AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AUA: Agua potable		TIPOS DE AGUA* AN: Agua natural ANA: Agua a analizar AA: Agua de lluvia AS: Agua superficial ADA: Agua de río ADA: Agua de quebrada ADA: Agua de manantial ARD: Agua residual de industria ARB: Agua residual de comercio ARS: Agua residual de servicios AUA: Agua potable	
Fecha de inicio: <u>08/03/15</u> Hora de inicio: <u>12:52</u> Fecha de finalización: <u>08/10/15</u> Hora de finalización: <u>18:32</u>		Cantidad de envases (Plástico / Vidrio): Plástico: <u>3</u> Vidrio: <u>3</u>		Observaciones: 1. <u>Donada a la Agencia de Defensa</u> 2. <u>Donada a la Agencia de Defensa</u> 3. <u>Existe tal</u> 4. <u>Sistema de tuberías en inspección</u> 5. <u>Numero de tuberías: 10</u>			
Inspección responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____ Representante del Cliente: _____ Fecha: _____ Firma: _____		N° de Contador: <input type="checkbox"/> N° de Filtro: <input type="checkbox"/> N° de los Platos: <input type="checkbox"/>		Fecha de Recepción de las Muestras: _____ Firma: _____ Responsable de la Recepción de las Muestras: _____ Condiciones en que se recibieron las muestras: Refrigeradas: <input type="checkbox"/> Preservadas: <input type="checkbox"/> Dentro del término de conservación: <input type="checkbox"/> N° de recipientes usados: <input type="checkbox"/> Otros recipientes: <input type="checkbox"/>			

FHO: 09

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

N° 200140

LABORATORIO CALLE Avenida Pizarro 3018, Calle 1 Teléfono: 011 441 1882 E-mail: pcal@sgs.com		LABORATORIO AREQUIPA Calle San Juan N° 275, Pampa Industrial Teléfono: 084 220260 E-mail: are@sgs.com		LABORATORIO CAJAMARCA Calle Arevalo Mariscal 207, Centro Comercial Teléfono: 076 247173 E-mail: caj@sgs.com			
DATOS DEL CLIENTE Cliente: <u>MIL CAMPESINOS PERU</u> Contacto: <u>96294197</u> E-mail: <u>polio@campesinosperu.com</u> Proyecto: <u>PROYECTO FERRER - FERRER MEDIANAS</u> Lugar de Inspección: <u>LAGUNA FACULTAD</u> Coordenadas UTM: <u>1894 ARM</u> Dirección: <u>CALLE ANTONIO J. GONZALEZ 14</u> Teléfono: <u>96294197</u> E-mail: <u>polio@campesinosperu.com</u>		FACTURAS RUC: <u>205100101</u> Dirección: <u>PERU</u> Contacto: <u>96294197</u> Teléfono: <u>96294197</u> Muestreado por: <u>SGS</u> Presencia del Monitor: <u>SI</u> Periodico: <input type="checkbox"/> No Periodico: <input type="checkbox"/> Especial: <input type="checkbox"/>		Análisis requeridos / Preservantes AGUA NATURAL ANA: Agua natural AWA: Agua a analizar AA: Agua de lluvia AS: Agua superficial ADA: Agua de río ADA: Agua de quebrada ADA: Agua de manantial AGUA RESIDUAL ARD: Agua residual de industria ARB: Agua residual de comercio ARS: Agua residual de servicios AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AUA: Agua potable		TIPOS DE AGUA* AN: Agua natural ANA: Agua a analizar AA: Agua de lluvia AS: Agua superficial ADA: Agua de río ADA: Agua de quebrada ADA: Agua de manantial ARD: Agua residual de industria ARB: Agua residual de comercio ARS: Agua residual de servicios AUA: Agua potable	
Fecha de inicio: <u>08/03/15</u> Hora de inicio: <u>12:52</u> Fecha de finalización: <u>08/10/15</u> Hora de finalización: <u>18:32</u>		Cantidad de envases (Plástico / Vidrio): Plástico: <u>3</u> Vidrio: <u>3</u>		Observaciones: 1. <u>Donada a la Agencia de Defensa</u> 2. <u>Donada a la Agencia de Defensa</u> 3. <u>Existe tal</u> 4. <u>Sistema de tuberías en inspección</u> 5. <u>Numero de tuberías: 10</u>			
Inspección responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____ Representante del Cliente: _____ Fecha: _____ Firma: _____		N° de Contador: <input type="checkbox"/> N° de Filtro: <input type="checkbox"/> N° de los Platos: <input type="checkbox"/>		Fecha de Recepción de las Muestras: _____ Firma: _____ Responsable de la Recepción de las Muestras: _____ Condiciones en que se recibieron las muestras: Refrigeradas: <input type="checkbox"/> Preservadas: <input type="checkbox"/> Dentro del término de conservación: <input type="checkbox"/> N° de recipientes usados: <input type="checkbox"/> Otros recipientes: <input type="checkbox"/>			

FHO: 09

SGS Laboratorio Calles Laboratorio Arequipa Laboratorio Cajamarca

Av. Los Olivos 1080, Calle 1 Ciro de la Cruz 177, Pucallpa Industrial Calle 14 de Mayo 219, Surco Sur Arequipa
Teléfono: 054 210 1180 Teléfono: 054 23399 Teléfono: 052 203 013
www.pucallpa.sgs.com www.la.compañia.com Email: info@arequipa.sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA Nº 200141

DATOS DEL CLIENTE		FACTURACIÓN		Análisis requeridos / Preservantes		TIPOS DE AGUA*	
Cliente: POL CARHUARISCA FERRE Contacto: 96291147 Email: polcarhuarica@gmail.com Proyecto: TESIS - FIDUCIARIACION Lugar de Instalación: DALAYANPA - S.M. VALLE Contacto: POL CARHUARISCA FERRE Dirección: CALLE ANDRES BARRONER SANJOSE M 409 Teléfono: 96291147 Email: polcarhuarica@gmail.com Fecha de Inicio: 16/09/2018 Hora de Inicio: 18:20		RUC: 2010190123 Dirección: PERU No. Periodico: <input type="checkbox"/> Especial: <input type="checkbox"/> Fecha de Emisión: 16/09/2018 Hora de Emisión: 18:50		AGUA NATURAL AN: Agua natural ANA: Agua natural AGUA SALINA AS: Agua salina ASL: Agua salina AGUA RESIDUAL AR: Agua residual ARS: Agua residual AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AU: Agua para uso y consumo humano		AGUA RESIDUAL AR: Agua residual ANA: Agua natural AS: Agua salina ARS: Agua residual AU: Agua para uso y consumo humano OBSERVACIONES	
Inspección responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____ Responsable del Cliente: _____ Fecha: _____ Firma: _____		N° de Códigos: <input type="checkbox"/> N° de Faltas: <input type="checkbox"/> N° de los Paquetes: <input type="checkbox"/>		Fecha de Recepción de las Muestras: _____ Hora: _____ Responsable de la Recepción de las Muestras: _____ Firma: _____		Condiciones en que se refrigeraron las muestras: Refrigeradas: <input type="checkbox"/> Preservadas: <input type="checkbox"/> Dentro de Sello de Conservación: <input type="checkbox"/> N° de empaques: <input type="checkbox"/> Otros (especificar): _____ Temperatura (°C): <input type="text"/>	
Muestreo realizado en: Terreno: <input type="checkbox"/> Superficie del Cero: <input type="checkbox"/> Agua: <input type="checkbox"/> Fuente: (Personas o campo del transporte): <input type="checkbox"/> Faja: <input type="checkbox"/> Ubicación: <input type="checkbox"/> Muestra: <input type="checkbox"/> Fecha y hora de muestreo: _____		Tipo de Muestra: ARD Fecha: 16/09/18 Hora: 18:52 P: 5 Tipo de Muestra: ARD Fecha: 16/09/18 Hora: 18:52 P: 5		Cantidad de envases: (Paquetes / Paquetes) Demanda: Enviguarda de Oxigênio Demanda: Química de Oxigênio Fósforo Total Sólidos Totales en Suspensión Num. Colif. Fee.		OBSERVACIONES	

(BOPE-PROF-041) R07 Abril 2015

SGS Laboratorio Calles Laboratorio Arequipa Laboratorio Cajamarca

Av. Los Olivos 1080, Calle 1 Ciro de la Cruz 177, Pucallpa Industrial Calle 14 de Mayo 219, Surco Sur Arequipa
Teléfono: 054 210 1180 Teléfono: 054 23399 Teléfono: 052 203 013
www.pucallpa.sgs.com www.la.compañia.com Email: info@arequipa.sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA Nº 200145

DATOS DEL CLIENTE		FACTURACIÓN		Análisis requeridos / Preservantes		TIPOS DE AGUA*	
Cliente: POL CARHUARISCA FERRE Contacto: 96291147 Email: polcarhuarica@gmail.com Proyecto: TESIS - FIDUCIARIACION Lugar de Instalación: DALAYANPA - S.M. VALLE Contacto: POL CARHUARISCA FERRE Dirección: CALLE ANDRES BARRONER SANJOSE M 409 Teléfono: 96291147 Email: polcarhuarica@gmail.com Fecha de Inicio: 16/09/2018 Hora de Inicio: 17:10		RUC: 2010190123 Dirección: PERU No. Periodico: <input type="checkbox"/> Especial: <input type="checkbox"/> Fecha de Emisión: 16/09/2018 Hora de Emisión: 17:55		AGUA NATURAL AN: Agua natural ANA: Agua natural AGUA SALINA AS: Agua salina ASL: Agua salina AGUA RESIDUAL AR: Agua residual ARS: Agua residual AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AU: Agua para uso y consumo humano		AGUA RESIDUAL AR: Agua residual ANA: Agua natural AS: Agua salina ARS: Agua residual AU: Agua para uso y consumo humano OBSERVACIONES	
Inspección responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____ Responsable del Cliente: _____ Fecha: _____ Firma: _____		N° de Códigos: <input type="checkbox"/> N° de Faltas: <input type="checkbox"/> N° de los Paquetes: <input type="checkbox"/>		Fecha de Recepción de las Muestras: _____ Hora: _____ Responsable de la Recepción de las Muestras: _____ Firma: _____		Condiciones en que se refrigeraron las muestras: Refrigeradas: <input type="checkbox"/> Preservadas: <input type="checkbox"/> Dentro de Sello de Conservación: <input type="checkbox"/> N° de empaques: <input type="checkbox"/> Otros (especificar): _____ Temperatura (°C): <input type="text"/>	
Muestreo realizado en: Terreno: <input type="checkbox"/> Superficie del Cero: <input type="checkbox"/> Agua: <input type="checkbox"/> Fuente: (Personas o campo del transporte): <input type="checkbox"/> Faja: <input type="checkbox"/> Ubicación: <input type="checkbox"/> Muestra: <input type="checkbox"/> Fecha y hora de muestreo: _____		Tipo de Muestra: ARD Fecha: 16/09/18 Hora: 17:52 P: 5 Tipo de Muestra: ARD Fecha: 16/09/18 Hora: 17:52 P: 5		Cantidad de envases: (Paquetes / Paquetes) Demanda: Enviguarda de Oxigênio Demanda: Química de Oxigênio Fósforo Total Sólidos Totales en Suspensión Num. Colif. Fee.		OBSERVACIONES	

(BOPE-PROF-041) R07 Abril 2015



Laboratorio Calles
Avenida César Pardo 3533, Callao
Teléfono: 81 717 1100
www.sgslaboratorios.com

Laboratorio Arequipa
Ejido San Juan N° 275, Parque Industrial
Teléfono: 860 22000
www.sgslaboratorios.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Arce de Mariscal 187, Centro Histórico
Teléfono: 821 367722
Email: sgslaboratorios@sgs.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

Nº 200143

DATOS DEL CLIENTE				FACTURACIÓN				Análisis requeridos / Preservantes				TIPOS DE AGUA*			
Cliente: PULL CARHUARICA FERPER Razón Social: Dirección: Teléfono: 96291147 Email: pullcarhuarica@gmail.com Proyecto: TESIS - FISIOPREVENCIÓN Lugar de Inspección: LAGUNA FERIA TATAYA - COMUNIDAD NATIVA DE SAN VICENTE DE NIQUENA Contacto: PULL CARHUARICA FERPER Dirección: PULL CARHUARICA FERPER S.R.L. N° 274 Teléfono: 96291147 Email: pullcarhuarica@gmail.com				RUC: Domicilio: Teléfono: Municipio por: Presencia del Monitor: Partidico: No Partidico: Especial: Fecha de Emisión: 21/09/2018 Hora de Emisión: 18:30 Fecha de Finalización: 21/09/2018 Hora de Finalización: 19:05				Cantidad de envases (Preservante/Volumen): Demanda Biogénica de Oxígeno Demanda Química de Oxígeno Fósforo Total Sólidos Totales en Suspensión Núm. Colif. Fec.				AGUA NATURAL AN: Agua natural ANA: Agua de abastecimiento ANB: Agua de abastecimiento ANC: Agua de riego AD: Agua de riego ADI: Agua de riego ADII: Agua de riego ADIII: Agua de riego ADIV: Agua de riego ADV: Agua de riego ADVI: Agua de riego ADVII: Agua de riego ADVIII: Agua de riego ADIX: Agua de riego ADX: Agua de riego ADXI: Agua de riego ADXII: Agua de riego ADXIII: Agua de riego ADXIV: Agua de riego ADXV: Agua de riego ADXVI: Agua de riego ADXVII: Agua de riego ADXVIII: Agua de riego ADXIX: Agua de riego ADXX: Agua de riego ADXXI: Agua de riego ADXXII: Agua de riego ADXXIII: Agua de riego ADXXIV: Agua de riego ADXXV: Agua de riego ADXXVI: Agua de riego ADXXVII: Agua de riego ADXXVIII: Agua de riego ADXXIX: Agua de riego ADXXX: Agua de riego AGUA RESIDUAL AR: Agua residual ARB: Agua residual ARC: Agua residual ARD: Agua residual ARE: Agua residual ARF: Agua residual ARG: Agua residual ARH: Agua residual ARI: Agua residual ARJ: Agua residual ARK: Agua residual ARL: Agua residual ARM: Agua residual ARN: Agua residual ARO: Agua residual ARP: Agua residual ARQ: Agua residual ARR: Agua residual ARS: Agua residual ART: Agua residual ARU: Agua residual ARV: Agua residual ARW: Agua residual ARX: Agua residual ARY: Agua residual ARZ: Agua residual AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AU: Agua para uso y consumo humano AUB: Agua para uso y consumo humano AUC: Agua para uso y consumo humano AUE: Agua para uso y consumo humano AUF: Agua para uso y consumo humano AUG: Agua para uso y consumo humano AUH: Agua para uso y consumo humano AUI: Agua para uso y consumo humano AUJ: Agua para uso y consumo humano AUK: Agua para uso y consumo humano AUL: Agua para uso y consumo humano AUM: Agua para uso y consumo humano AUN: Agua para uso y consumo humano AUO: Agua para uso y consumo humano AUP: Agua para uso y consumo humano AUQ: Agua para uso y consumo humano AUR: Agua para uso y consumo humano AUS: Agua para uso y consumo humano AUT: Agua para uso y consumo humano AUV: Agua para uso y consumo humano AUW: Agua para uso y consumo humano AUX: Agua para uso y consumo humano AUY: Agua para uso y consumo humano AUZ: Agua para uso y consumo humano			
Inspección responsable: Fecha: Hora: N° de Códigos: N° de Pasos: Fecha de recepción de las muestras: Hora: Representante del Cliente: Fecha: Hora: N° de los Pasos: Responsable de la recepción de las muestras: Fecha: Muestra enviada por: Temperatura: Responsabilidad: Agente: Fecha y hora de envío: Lugar y hora de envío: Fecha y hora de envío:				Condiciones en que se recibieron las muestras: Refrigeradas: Preservadas: Centro del tiempo de conservación: N° de muestras recibidas: Otros (especificar): Temperatura (°C): Hora:											

DATOS DEL CLIENTE				FACTURACIÓN				Análisis requeridos / Preservantes				TIPOS DE AGUA*			
Cliente: PULL CARHUARICA FERPER Razón Social: Dirección: Teléfono: 96291147 Email: pullcarhuarica@gmail.com Proyecto: TESIS - FISIOPREVENCIÓN Lugar de Inspección: LAGUNA FERIA TATAYA - COMUNIDAD NATIVA DE SAN VICENTE DE NIQUENA Contacto: PULL CARHUARICA FERPER Dirección: PULL CARHUARICA FERPER S.R.L. N° 274 Teléfono: 96291147 Email: pullcarhuarica@gmail.com				RUC: Domicilio: Teléfono: Municipio por: Presencia del Monitor: Partidico: No Partidico: Especial: Fecha de Emisión: 23/09/2018 Hora de Emisión: 18:30 Fecha de Finalización: 23/09/2018 Hora de Finalización: 19:05				Cantidad de envases (Preservante/Volumen): Demanda Biogénica de Oxígeno Demanda Química de Oxígeno Fósforo Total Sólidos Totales en Suspensión Núm. Colif. Fec.				AGUA NATURAL AN: Agua natural ANA: Agua de abastecimiento ANB: Agua de abastecimiento ANC: Agua de riego AD: Agua de riego ADI: Agua de riego ADII: Agua de riego ADIII: Agua de riego ADIV: Agua de riego ADV: Agua de riego ADVI: Agua de riego ADVII: Agua de riego ADVIII: Agua de riego ADIX: Agua de riego ADX: Agua de riego ADXI: Agua de riego ADXII: Agua de riego ADXIII: Agua de riego ADXIV: Agua de riego ADXV: Agua de riego ADXVI: Agua de riego ADXVII: Agua de riego ADXVIII: Agua de riego ADXIX: Agua de riego ADXX: Agua de riego ADXXI: Agua de riego ADXXII: Agua de riego ADXXIII: Agua de riego ADXXIV: Agua de riego ADXXV: Agua de riego ADXXVI: Agua de riego ADXXVII: Agua de riego ADXXVIII: Agua de riego ADXXIX: Agua de riego ADXXX: Agua de riego AGUA RESIDUAL AR: Agua residual ARB: Agua residual ARC: Agua residual ARD: Agua residual ARE: Agua residual ARF: Agua residual ARG: Agua residual ARH: Agua residual ARI: Agua residual ARJ: Agua residual ARK: Agua residual ARL: Agua residual ARM: Agua residual ARN: Agua residual ARO: Agua residual ARP: Agua residual ARQ: Agua residual ARR: Agua residual ARS: Agua residual ART: Agua residual ARU: Agua residual ARV: Agua residual ARW: Agua residual ARX: Agua residual ARY: Agua residual ARZ: Agua residual AGUA PARA USO Y CONSUMO HUMANO AU: Agua para uso y consumo humano AUB: Agua para uso y consumo humano AUC: Agua para uso y consumo humano AUE: Agua para uso y consumo humano AUF: Agua para uso y consumo humano AUG: Agua para uso y consumo humano AUH: Agua para uso y consumo humano AUI: Agua para uso y consumo humano AUJ: Agua para uso y consumo humano AUK: Agua para uso y consumo humano AUL: Agua para uso y consumo humano AUM: Agua para uso y consumo humano AUN: Agua para uso y consumo humano AUO: Agua para uso y consumo humano AUP: Agua para uso y consumo humano AUQ: Agua para uso y consumo humano AUR: Agua para uso y consumo humano AUS: Agua para uso y consumo humano AUT: Agua para uso y consumo humano AUV: Agua para uso y consumo humano AUW: Agua para uso y consumo humano AUX: Agua para uso y consumo humano AUY: Agua para uso y consumo humano AUZ: Agua para uso y consumo humano			
Inspección responsable: Fecha: Hora: N° de Códigos: N° de Pasos: Fecha de recepción de las muestras: Hora: Representante del Cliente: Fecha: Hora: N° de los Pasos: Responsable de la recepción de las muestras: Fecha: Muestra enviada por: Temperatura: Responsabilidad: Agente: Fecha y hora de envío: Lugar y hora de envío: Fecha y hora de envío:				Condiciones en que se recibieron las muestras: Refrigeradas: Preservadas: Centro del tiempo de conservación: N° de muestras recibidas: Otros (especificar): Temperatura (°C): Hora:											



Laboratorio Celso
Av. de las Pintas 208, Celso 1
Teléfono: (01) 512 3468
E-mail: p.lacort@celso.com

Laboratorio Arequipa
Ejército Olmos N° 275, Parque Industrial
Arequipa 060101308
E-mail: ado.pino@arequipa.com

Laboratorio Cajamarca
Calle Antonio Márquez 207, Centro San Antonio
Cajamarca 070000072
E-mail: p.dora@cajamarca.com

CADENA DE CUSTODIA PARA MONITOREO DE AGUA

Nº 221331

DATOS DEL CLIENTE				FACTURAR A				Análisis requeridos / Preservantes												TIPOS DE AGUA*					
Cliente: POUL CARHUANICHA FERRER Razón Social: _____ RUC: _____ Teléfono: 962911177 Recepción: _____ E-mail: poulcarhuancha@gmail.com Contacto: _____ Nombre: POUL FITZGERALD DURAN Teléfono: _____ Lugar de recepción: LAGUNA FACULTATIVA Muestreado por: SGS <input type="checkbox"/> B3 Celso <input checked="" type="checkbox"/>				Contacto: POUL CARHUANICHA FERRER Dirección: CALLE ANAEL FERNANDEZ N° 1019 Teléfono: 962911177 E-mail: poulcarhuancha@gmail.com Fecha de inicio: 30/07/2018 Hora de inicio: 17:50				Frecuencia del Muestreo: _____ Fecha de finalización: 30/07/2018 Hora de finalización: 19:15				Cantidad de envases: (Litros / Galones) Demanda: Biogélica de Celso Demanda: Química de Celso Fósforo Total Sólidos Totales en Suspensión Aluminio Coliformes Fecales												AGUA NATURAL AN1: Agua natural AN2: Agua de ciudad AN3: Agua de río AN4: Agua superficial AN5: Agua de río AN6: Agua de depósito artificial AN7: Agua de depósito y represas AN8: Agua de depósito y represas AN9: Agua de depósito y represas AN10: Agua de depósito y represas AN11: Agua de depósito y represas AN12: Agua de depósito y represas AN13: Agua de depósito y represas AN14: Agua de depósito y represas AN15: Agua de depósito y represas AN16: Agua de depósito y represas AN17: Agua de depósito y represas AN18: Agua de depósito y represas AN19: Agua de depósito y represas AN20: Agua de depósito y represas AN21: Agua de depósito y represas AN22: Agua de depósito y represas AN23: Agua de depósito y represas AN24: Agua de depósito y represas AN25: Agua de depósito y represas AN26: Agua de depósito y represas AN27: Agua de depósito y represas AN28: Agua de depósito y represas AN29: Agua de depósito y represas AN30: Agua de depósito y represas AN31: Agua de depósito y represas AN32: Agua de depósito y represas AN33: Agua de depósito y represas AN34: Agua de depósito y represas AN35: Agua de depósito y represas AN36: Agua de depósito y represas AN37: Agua de depósito y represas AN38: Agua de depósito y represas AN39: Agua de depósito y represas AN40: Agua de depósito y represas AN41: Agua de depósito y represas AN42: Agua de depósito y represas AN43: Agua de depósito y represas AN44: Agua de depósito y represas AN45: Agua de depósito y represas AN46: Agua de depósito y represas AN47: Agua de depósito y represas AN48: Agua de depósito y represas AN49: Agua de depósito y represas AN50: Agua de depósito y represas AN51: Agua de depósito y represas AN52: Agua de depósito y represas AN53: Agua de depósito y represas AN54: Agua de depósito y represas AN55: Agua de depósito y represas AN56: Agua de depósito y represas AN57: Agua de depósito y represas AN58: Agua de depósito y represas AN59: Agua de depósito y represas AN60: Agua de depósito y represas AN61: Agua de depósito y represas AN62: Agua de depósito y represas AN63: Agua de depósito y represas AN64: Agua de depósito y represas AN65: Agua de depósito y represas AN66: Agua de depósito y represas AN67: Agua de depósito y represas AN68: Agua de depósito y represas AN69: Agua de depósito y represas AN70: Agua de depósito y represas AN71: Agua de depósito y represas AN72: Agua de depósito y represas AN73: Agua de depósito y represas AN74: Agua de depósito y represas AN75: Agua de depósito y represas AN76: Agua de depósito y represas AN77: Agua de depósito y represas AN78: Agua de depósito y represas AN79: Agua de depósito y represas AN80: Agua de depósito y represas AN81: Agua de depósito y represas AN82: Agua de depósito y represas AN83: Agua de depósito y represas AN84: Agua de depósito y represas AN85: Agua de depósito y represas AN86: Agua de depósito y represas AN87: Agua de depósito y represas AN88: Agua de depósito y represas AN89: Agua de depósito y represas AN90: Agua de depósito y represas AN91: Agua de depósito y represas AN92: Agua de depósito y represas AN93: Agua de depósito y represas AN94: Agua de depósito y represas AN95: Agua de depósito y represas AN96: Agua de depósito y represas AN97: Agua de depósito y represas AN98: Agua de depósito y represas AN99: Agua de depósito y represas AN100: Agua de depósito y represas	
Enviar el informe a: <input type="checkbox"/> Celso <input checked="" type="checkbox"/> Arequipa				Tipo de Agua: _____ Tipo de Muestra: _____ Fecha: _____ Hora: _____ P: _____ V: _____				Observaciones:												Observaciones:					
Inspector responsable: _____ Fecha: _____ Firma: _____				Nº de Codos: _____ Nº de Fieles: _____ Nº de los Fieles: _____				Fecha de Recepción de las Muestras: _____ Responsable de la Recepción de las Muestras: _____ Condiciones en que se encuentran las muestras: _____ Refrigeración: _____ Preservación: _____ Dentro del tiempo de conservación: _____ Nº de envases: _____ Otros (especificar): _____												Temperatura (°C): _____ Firma: _____					

Anexo N° 6

Informe de ensayo de laboratorio



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1805082

CARHUARICRA FERRER POLL

CAL ANDRES F. GARRIDO NRO. 4 PAUCARBAMBA (EN LA MZ A LT 4)

ENV / LB-343958-002

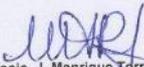
PROCEDENCIA : LAGUNA FACULTATIVA

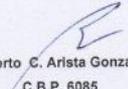
Fecha de Recepción SGS : 09-03-2018
Fecha de Ejecución : Del 09-03-2018 al 16-03-2018
Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
LAGUNA FAC. AFLUENTE

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 17/03/2018


Rocio J. Manrique Torres
C.I.P. 136634
Coordinador de Laboratorio


Roberto C. Arista Gonzales
C.B.P. 6085
Supervisor de Laboratorio-Microbiología

Página 1 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Amalio Márquez

Calleo 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao
Arequipa
Cajamarca

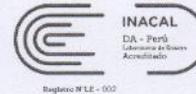
t (511) 517 1900
t (054) 213 506
t (076) 366 082

www.sgs.pe
e Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1805082**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					LAGUNA FAC. AFLUENTE
FECHA DE MUESTREO					08/03/2018
HORA DE MUESTREO					16:26:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Análisis Fisicoquímicos					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg/L	1	3	111
Fósforo Total	EW_APHA4500PBE	mg/L	0.004	0.010	3.343
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	307.7
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mg/L	1.8	4.6	81.2
Análisis Microbiológicos					
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP	NMP/100 mL	--	--	28000000

Página 2 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunthar 275
Jr. Amaldo Márquez

Calleo 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

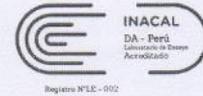
Callao t (511) 517 1900
Arequipa t (054) 213 506
Cajamarca t (076) 366 082

www.sgs.pe
Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1805082**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Fósforo Total	mg/L	0.010	<0.010		97%	105%	1%
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	3	<3	1 - 3%	96 - 100%		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6	0%	96 - 104%		
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	4.5	<4.5		110%	102%	0%

Página 3 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

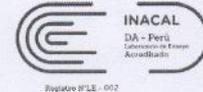
Callao t (511) 517 1900
Arequipa t (054) 213 506
Cajamarca t (076) 366 092

www.sgs.pe
Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1805082**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2540D	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D; 23rd Ed; 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C
EW_APHA4500PBE	Callao	Fósforo Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P B Item 5, E; 23rd Ed; 2017. Phosphorus. Sample Preparation 5. Persulfate Digestion Method. Ascorbic Acid Method
EW_APHA5210B	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B; 22nd Ed; 2012. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD test
EW_APHA5220D	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed; 2017. Chemical Oxygen Demand. Closed Reflux, Colorimetric Method
EW_APHA9221E_NMP	Callao	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221E.1; 23rd Ed; 2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la identidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Página 4 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Bs. San Antonio

Callao
Arequipa
Cajamarca

t (511) 517 1900
t (054) 213 506
t (076) 366 092

www.sgs.pe
Pa.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1805083**

CARHUARICRA FERRER POLL

CAL. ANDRES F. GARRIDO NRO. 4 PAUCARBAMBA (EN LA MZ A LT 4)

ENV / LB-343958-002

PROCEDENCIA : LAGUNA FACULTATIVA

Fecha de Recepción SGS : 09-03-2018

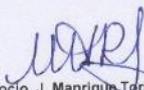
Fecha de Ejecución : Del 09-03-2018 al 16-03-2018

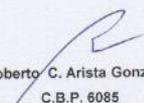
Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
LAGUNA FAC. EFLUENTE

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 17/03/2018


Rocio J. Manrique Torres
C.I.P. 136634
Coordinador de Laboratorio


Roberto C. Arista Gonzales
C.B.P. 6085
Supervisor de Laboratorio-Microbiología

Página 1 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Calleo 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao
Arequipa
Cajamarca

t (511) 517 1900
t (054) 213 506
t (076) 366 082

www.sgs.pe
Pe.servicios@sgs.com

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1805083**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					LAGUNA FAC. EFLUENTE
FECHA DE MUESTREO					08/03/2019
HORA DE MUESTREO					17:21:00
CATEGORÍA					AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORÍA					AGUA RESIDUAL DOMESTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Análisis Fisicoquímicos					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg/L	1	3	83
Fósforo Total	EW_APHA4500PBE	mg/L	0.004	0.010	0.090
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	106.4
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mg/L	1.8	4.5	194.5
Análisis Microbiológicos					
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP	NMP/100 mL	--	--	1100000



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1805083**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Fósforo Total	mg/L	0.010	<0.010		97%	105%	1%
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	3	<3	1 - 3%	95 - 100%		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6	0%	96 - 104%		
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	4.5	<4.5		94 - 105%	96%	0%

Página 3 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Günther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1805083**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2540D	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D, 23rd Ed. 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C
EW_APHA4500PBE	Callao	Fósforo Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P B Item 5, E, 23rd Ed. 2017. Phosphorus - Sample Preparation 5. Persulfate Digestion Method. Ascorbic Acid Method
EW_APHA5210B	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed. 2012. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test
EW_APHA5220D	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
EW_APHA9221E_NMP	Callao	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221E.1, 23rd Ed. 2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es/ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio. Su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regirá por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la identidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Página 4 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

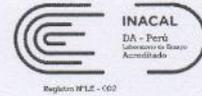
Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (0541) 213 506 e Pa.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1819624**

CARHUARICRA FERRER POLL

CAL. ANDRES F. GARRIDO NRO. 4 PAUCARBAMBA (EN LA MZ A LT 4)

ENV / LB-343958-003

PROCEDENCIA : LAGUNA FACULTATIVA - PACAYPAMPA SANTA MARIA DEL VALLE

Fecha de Recepción SGS : 17-09-2018

Fecha de Ejecución : Del 17-09-2018 al 24-09-2018

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo

PTAR ESCALA EXPERIMENTAL

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 24/09/2018

Frank M. Julcamoro Quispe
C.C.P. 1033
Coordinador de Laboratorio

Roberto C. Arista Gonzales
C.B.P. 6085
Supervisor de Laboratorio-Microbiología

Página 1 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Emer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 Pe.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 365 092

Miembro del Grupo SGS (Sociedad General de Supervisores)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1819624

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA						PTAR ESCALA EXPERIMENTAL
FECHA DE MUESTREO						16/09/2018
HORA DE MUESTREO						18:52:00
CATEGORIA						AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA						AGUA RESIDUAL DOMESTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado	
Análisis Fisicoquímicos						
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg/L	1	3	132	
Fósforo Total	EW_APHA4500PBE	mg/L	0.004	0.010	5.072	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.8	99.8	
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mg/L	1.8	4.5	271.1	
Análisis Microbiológicos						
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA8221E_NMP	NMP/100 mL	--	--	1300000	

Página 2 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Amaldo Márquez

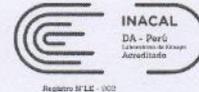
Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Araquipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Sociedad General de Supervisores)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1819624

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación.
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parametro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Fósforo Total	mg/L	0.010	<0.010		95 - 104%	93 - 102%	0%
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	3	<3	3 - 13%	99%	101%	0%
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	4.5	<4.5		101 - 104%		
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6	6%	103 - 107%		

Página 3 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Eimer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 Pe.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1819624

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2540D	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D, 23rd Ed. 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C
EW_APHA4500PBE	Callao	Fósforo Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P B Item 5, E, 23rd Ed. 2017. Phosphorus. Sample Preparation 5. Persulfate Digestion Method. Ascorbic Acid Method
EW_APHA5210B	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD): 5-Day BOD test
EW_APHA5220D	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
EW_APHA9221E_NMP	Callao	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221E.1, 23rd Ed. 2017; Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group; Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Tema.asp?Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo solo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión Julio 2015

Página 4 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Eimer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Amelko Márquez

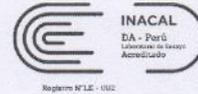
Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 e Pa.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1819825**

CARHUARICRA FERRER POLL

CAL ANDRES F. GARRIDO NRO. 4 PAUCARBAMBA (EN LA MZ A LT 4)

ENV / LB-343958-004

PROCEDENCIA : LAGUNA FACULTATIVA - PACAYPAMPA SANTA MARIA DEL VALLE

Fecha de Recepción SGS : 19-09-2018
Fecha de Ejecución : Del 19-09-2018 al 26-09-2018
Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo

PTAR ESCALA EXPERIMENTAL

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 26/09/2018

Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Coordinador de Laboratorio

Roberto C. Arista Gonzales
C.B.P. 6085
Supervisor de Laboratorio-Microbiología

Página 1 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

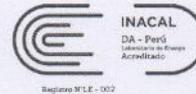
Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Araquipa t (054) 213 506 e Pa.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Sociedad General de Supervisance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1819825

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					PTAR ESCALA EXPERIMENTAL
FECHA DE MUESTREO					18/09/2018
HORA DE MUESTREO					17:57:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL DOMESTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Análisis Físicoquímicos					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA25400	mg/L	1	3	26
Fósforo Total	EW_APHA4500PBE	mg/L	0.004	0.010	4.505
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.5	42.5
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mg/L	1.8	4.5	156.8
Análisis Microbiológicos					
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA6221E_NMP	NMP/100 mL	-	-	7900

Página 2 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

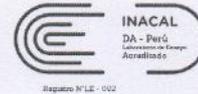
Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 e Pb.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Sociedad General de Supervisores)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1819825

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Fosforo Total	mg/L	0.010	<0.010		94 - 103%	94 - 107%	0 - 2%
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	3	<3	1 - 4%	99 - 105%		
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	4.5	<4.5		101 - 102%	92%	1%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6	1%	96 - 104%		

Página 3 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

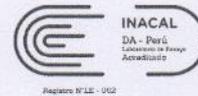
Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1819825

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Seda	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2540D	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D; 23rd Ed. 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C
EW_APHA450PBE	Callao	Fósforo Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P B Item 5, E; 23rd Ed. 2017. Phosphorus, Sample Preparation 5. Persulfate Digestion Method. Ascorbic Acid Method
EW_APHA5210B	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B; 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5-Day BOD test.
EW_APHA5220D	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
EW_APHA9221E_NMP	Callao	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221E 1; 23rd Ed. 2017. Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidades, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio. Su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión Julio 2015

Página 4 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao
Arequipa
Cajamarca

t (511) 517 1900 www.sgs.pe
t (054) 213 506 e Pa.servicios@sgs.com
t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1820041

CARHUARICRA FERRER POLL

CAL ANDRES F. GARRIDO NRO. 4 PAUCARBAMBA (EN LA MZ A LT 4)

ENV / LB-343958-005

PROCEDENCIA : LAGUNA FACULTATIVA - PACAYPAMPA SANTA MARIA DEL VALLE

Fecha de Recepción SGS : 22-09-2018
Fecha de Ejecución : Del 22-09-2018 al 28-09-2018
Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo

PTAR ESCALA EXPERIMENTAL

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 28/09/2018

Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Coordinador de Laboratorio

Roberto C. Arista Gonzales
C.B.P. 6085
Supervisor de Laboratorio-Microbiología

Página 1 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

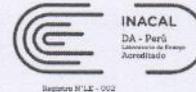
Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 606 Pe.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1820041

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					PTAR ESCALA EXPERIMENTAL
FECHA DE MUESTREO					21/09/2018
HORA DE MUESTREO					19:10:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL DOMESTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Análisis Fisicoquímicos					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg/L	1	3	31
Fósforo Total	EW_APHA4500PBE	mg/L	0.004	0.010	3.289
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	34.7
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mg/L	1.8	4.5	128.4
Análisis Microbiológicos					
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA6221E_NMP	NMP/100 mL	--	--	230

Página 2 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

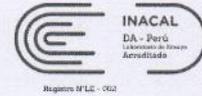
Callao
Arequipa
Cajamarca

t (511) 517 1900 www.sgs.pe
t (054) 213 506 e Pa.servicios@sgs.com
t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1820041

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Fósforo Total	mg/L	0.010	<0.010		94 - 103%	94 - 107%	0 - 2%
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	3	<3	1 - 3%	96 - 102%		
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	4.5	<4.5		91 - 98%	111%	1%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6	5%	94 - 95%		

Página 3 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1820041

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2540D	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D; 23rd Ed. 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C
EW_APHA4500PBE	Callao	Fósforo Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P B Item 5, E; 23rd Ed. 2017. Phosphorus. Sample Preparation 5. Persulfate Digestion Method. Ascorbic Acid Method
EW_APHA5210B	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B; 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5-Day BOD test
EW_APHA5220D	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
EW_APHA9221E_NMP	Callao	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221E.1; 23rd Ed. 2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium).

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/terms-and-conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión Julio 2015

Página 4 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Omer Faucett 3348
Ernesto Gunther 276
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1820125**

CARHUARICRA FERRER POLL

CAL ANDRES F. GARRIDO NRO. 4 PAUCARBAMBA (EN LA MZ A LT 4)

ENV / LB-343958-006

PROCEDENCIA : LAGUNA FACULTATIVA - PACAYPAMPA SANTA MARIA DEL VALLE

Fecha de Recepción SGS : 24-09-2018
Fecha de Ejecución : Del 24-09-2018 al 01-10-2018
Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo

PTAR ESCALA EXPERIMENTAL

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 01/10/2018

Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1036
Coordinador de Laboratorio

Roberto C. Arista Gonzales
C.B.P. 6085
Supervisor de Laboratorio-Microbiología

Página 1 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Eimer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

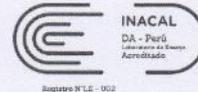
Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 e Pa.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1820125

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					PTAR ESCALA EXPERIMENTAL
FECHA DE MUESTREO					23/09/2018
HORA DE MUESTREO					19:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Análisis Físicoquímicos					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA2540D	mg/L	1	3	68
Fósforo Total	EW_APHA4500PBE	mg/L	0.004	0.010	2.937
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	36.5
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mg/L	1.8	4.5	166.9
Análisis Microbiológicos					
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA6221E_NMP	NMP/100 mL	--	--	790

Página 2 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 e Pa.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1820125

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Fósforo Total	mg/l	0.010	<0.010		99 - 102%	84 - 102%	0 - 1%
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	3	<3	4%	102%		
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	4.5	<4.5		101 - 102%	92%	1%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6	0%	95%		

Página 3 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

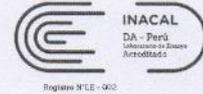
Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 e Ps.servicios@sgs.com
Cajamarca t (0761) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1820125

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2540D	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D, 23rd Ed: 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C
EW_APHA4500PBE	Callao	Fósforo Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P B Item 5, E; 23rd Ed: 2017. Phosphorus. Sample Preparation 5. Persulfate Digestion Method. Ascorbic Acid Method
EW_APHA5210B	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B; 23rd Ed: 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD); 5-Day BOD test
EW_APHA5220D	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed: 2017. Chemical Oxygen Demand, Closed Reflux, Colorimetric Method
EW_APHA9221E_NMP	Callao	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221E 1, 23rd Ed: 2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es/ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión Julio 2015

Página 4 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1820626**

CARHUARICRA FERRER POLL

CAL ANDRES F. GARRIDO NRO. 4 PAUCARBAMBA (EN LA MZ A LT 4)

ENV / LB-343958-008

PROCEDENCIA : LAGUNA FACULTATIVA

Fecha de Recepción SGS : 01-10-2018
Fecha de Ejecución : Del 01-10-2018 al 09-10-2018
Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo

LAGUNA FAC. EFLUENTE

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 09/10/2018

Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Coordinador de Laboratorio

Roberto C. Arista Gonzales
C.B.P. 6085
Supervisor de Laboratorio-Microbiología

Página 1 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Günther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 Pa.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1820626

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					LAGUNA FAC EFLUENTE
FECHA DE MUESTREO					30/09/2018
HORA DE MUESTREO					18.20.00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUBCATEGORIA					AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado
Análisis Fisicoquímicos					
Sólidos Totales en Suspensión	EW_APHA25400	mg/L	1	3	212
Fósforo Total	EW_APHA4500PBE	mg/L	0.004	0.010	1.502
Demanda Bioquímica de Oxígeno	EW_APHA5210B	mg/L	1.0	2.6	112.5
Demanda Química de Oxígeno	EW_APHA5220D	mg/L	1.8	4.5	412.5
Análisis Microbiológicos					
Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	EW_APHA9221E_NMP	NMP/100 mL	--	--	4900000

Página 2 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Eimer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

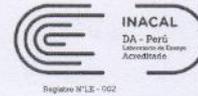
Callao
Arequipa
Cajamarca

t (511) 517 1900 www.sgs.pe
t (054) 213 506 e Pa.servicios@sgs.com
t (076) 368 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1820626

CONTROL DE CALIDAD

LC: Límite de cuantificación
MB: Blanco del proceso
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Fosforo Total	mg/L	0.010	<0.010		94 - 102%	93 - 95%	1%
Sólidos Totales en Suspensión	mg/L	3	<3	2 - 4%	99 - 100%		1%
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	4.5	<4.5		99%	105%	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	2.6	<2.6	0%	95 - 98%		

Página 3 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

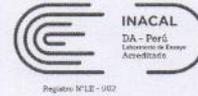
Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Sociedad General de Supervelance)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA1820626

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_APHA2540D	Callao	Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540-D; 23rd Ed. 2017. Solids: Total Suspended Solids dried at 103-105 °C
EW_APHA4500PBE	Callao	Fósforo Total	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P B Item 5, E; 23rd Ed. 2017. Phosphorus. Sample Preparation 5. Persulfate Digestion Method. Ascorbic Acid Method
EW_APHA5210B	Callao	Demanda Bioquímica de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B; 23rd Ed. 2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD test
EW_APHA5220D	Callao	Demanda Química de Oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D; 23rd Ed. 2017. Chemical Oxygen Demand. Closed Reflux, Colorimetric Method
EW_APHA9221E_NMP	Callao	Numeración de Coliformes fecales o termotolerantes	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E.1; 23rd Ed. 2017. Multiple-tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure. Thermotolerant Coliform Test (EC Medium)

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es/ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio. Su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia. Queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS del Perú S.A.C.
Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión Julio 2015

Página 4 de 4

SGS del Perú S.A.C.

Av. Elmer Faucett 3348
Ernesto Gunther 275
Jr. Arnaldo Márquez

Callao 1
Parque Industrial
Ba. San Antonio

Callao t (511) 517 1900 www.sgs.pe
Arequipa t (054) 213 506 e Pe.servicios@sgs.com
Cajamarca t (076) 366 092

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

Anexo N° 7

Panel fotográfico del desarrollo de la Tesis

Laguna facultativa



Caracterización de agua residual afluyente





Llenado del registro de datos de campo y cadena custodia.



Toma de muestras en el afluente de la laguna facultativa, para su analisis en laboratorio.



Toma de muestras en el afluente de la laguna facultativa, para su análisis en laboratorio.



Conservación de muestras para su analisis en laboratorio.

Caracterización de agua residual efluente



Toma de muestra en el efluente de la laguna facultativa, para su análisis en laboratorio.



Consevación de la muestra para su análisis en laboratorio.



Medición de parámetros de campo del efluente de la laguna facultativa.



Llenado de registro de campo y cadena custodia en el efluente.

Medición de caudal



Medición de caudal del afluente de la laguna facultativa.



Medición de caudal del afluente de la laguna facultativa.

Instalación del humedal artificial a escala experimental



tanque 70 Lts para el almacenamiento del efluente de la laguna facultativa



Caja reguladora de caudal, con el embudo que tiene función de distribuir el agua hacia el humedal artificial



Toma de muestras del efluente antes de la ejecución de la tesis



Transporte de efluente de la laguna facultativa



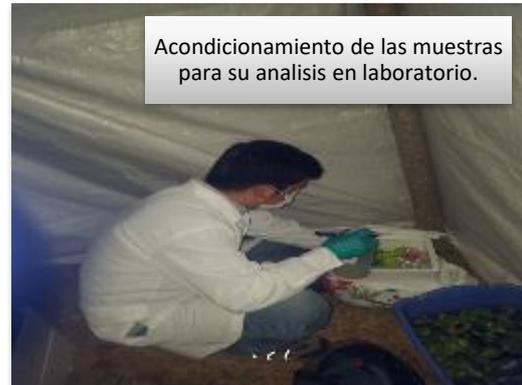
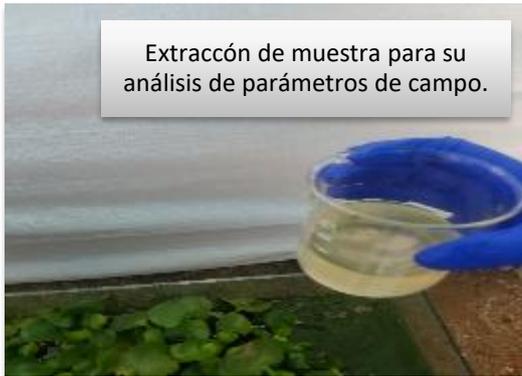
Toma de muestra del agua tratada 23,4 horas



Transporte de efluente de la laguna facultativa



Toma de muestra del agua tratada 31,2 horas



Transporte de efluente de la laguna facultativa



Toma de muestra del agua tratada 39 horas



Transporte de efluente de la laguna facultativa



Toma de muestra del agua tratada 46,8 horas



Visita del jurado de tesis al humedal artificial y laguna facultativa



Anexo N° 8

Constancia de determinación de especies



UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
LICENCIAMIENTO INSTITUCIONAL RESOLUCIÓN DEL COMITÉ DIRECTIVO N° 640-2010-UNEDUPC/D

MUSEO DE HISTORIA NATURAL
"Vera Alleman Haeghebaert"

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN

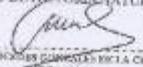
Por medio de la presente, se deja constancia de que las muestras pertenecientes a la investigación del Bachiller Pool Carhuarica Ferrer sobre bioremediación con plantas flotantes usadas en acuicultura, corresponden a las siguientes especies.

FAMILIA HYDROCHARITACEAE
- *Limnobium laevigatum* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Heine

FAMILIA PONTEDERIACEAE
- *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms

Se expide el presente documento para los fines pertinentes.

Acentamente,

UNIVERSIDAD RICARDO PALMA
MUSEO DE HISTORIA NATURAL

LICENCIAMIENTO INSTITUCIONAL RESOLUCIÓN DEL COMITÉ DIRECTIVO N° 640-2010-UNEDUPC/D
DIRECCIÓN

Suro, 10 de Abril de 2018

"Formamos cerca humanos para una cultura de Paz"

Av. Basadre 5440 - Urb. La Condesa - Surco / Lima 33 - Perú Central: 708-0000
Avenida postal 1801 / E-mail: info@urp.edu.pe - www.urp.edu.pe/museo Anexo: 9271 / 9272

Anexo N° 9

Autorización para el desarrollo de Tesis



MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA MARÍA DEL VALLE
SUB GERENCIA DE DESARROLLO ECONÓMICO Y MEDIO AMBIENTE
"AÑO DEL DIÁLOGO Y LA RECONCILIACIÓN NACIONAL"

AUTORIZACIÓN

Por medio de la presente se Autoriza, al Bachiller Poll Carhuaricra Ferrer del Programa Académico de Ingeniería Ambiental, el desarrollo de su Trabajo de Investigación Científica- Tesis titulado: "FITORREMEDIACIÓN POR EL PROCESO DE FITODEGRADACIÓN CON DOS ESPECIES MACROFITAS ACUÁTICAS, LIMNOBILUM LAEVIGATUM Y EICHHORNIA CRASSIPES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE LA LAGUNA FACULTATIVA EN LA LOCALIDAD DE PACAYPAMPA, DISTRITO DE SANTA MARÍA DEL VALLE (HUÁNUCO), PERIODO FEBRERO - MARZO 2018"; para optar el Título profesional de Ingeniero Ambiental.

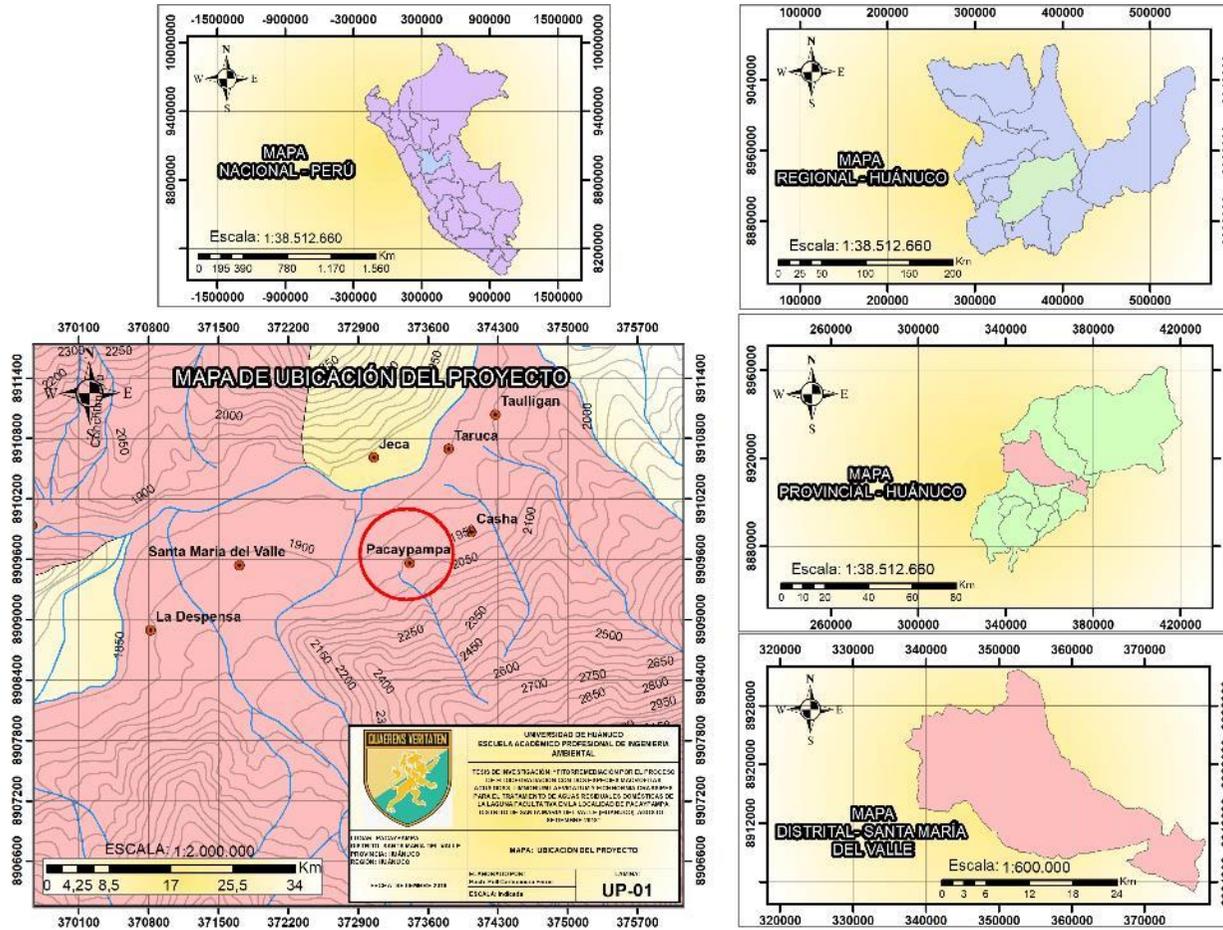
Por lo que, la Sub Gerencia de Desarrollo Económico y Medio Ambiente como responsable de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Localidad de Pacaypampa brindará las facilidades del caso al Bachiller antes mencionado.

SANTA MARÍA DEL VALLE, 06 DE MARZO DE 2018

MUNICIPALIDAD DISTRITAL
SANTA MARÍA DEL VALLE
Mv. Luis Alberto Cruz Cortez
Sub. Gerente de Desarrollo Económico
Medio Ambiente

Anexo Nº 10

Mapa de ubicación de la Tesis



Fuente: Elaboración propia.