

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Evaluación de la remoción de materia orgánica a través de un sistema aerobio con microorganismos eficientes (EM) en aguas residuales domésticas - Puno, 2018

Por:

Nancy Tania Mamani Ccama

Richard Davis Chavez Molina

Asesor:

Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera

Juliaca, diciembre de 2018

**DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS**

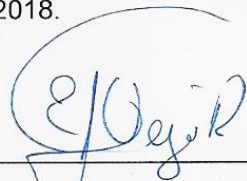
Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “***Evaluación de la remoción de materia orgánica a través de un sistema aerobio con microorganismos eficientes (EM) en aguas residuales domésticas - Puno, 2018***”, constituye la memoria que presentan los bachilleres Nancy Tania Mamani Ccama y Richard Davis Chavez Molina para aspirar al título Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 21 días del mes de diciembre del año 2018.



Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera

Evaluación de la remoción de materia orgánica a través de un sistema aerobio con microorganismos eficientes (EM) en aguas residuales domésticas - Puno, 2018

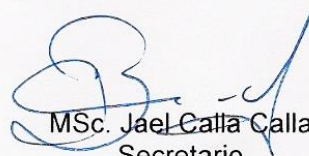
TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR



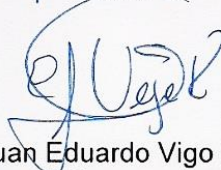
MSc. Rose Adeline Callata Chura
Presidente



MSc. Jael Calla Calla
Secretario



Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani
Vocal



Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera
Asesor

Juliaca, 21 de diciembre del 2018

DEDICATORIAS

A mi madre Antonia y a mi padre Nicanor,
por su apoyo incondicional y ser motivo para
superarme.

Nancy Tania

A mis padres Elliberto e Yrma, quienes a
pesar de las dificultades económicas me
apoyaron con mucho esfuerzo y
dedicación.

Richard Davis

AGRADECIMIENTOS

A Dios por habernos guiado a lo largo de esta investigación, por darnos las fuerzas necesarias para cumplir nuestro objetivo.

A nuestra alma máter Universidad Peruana Unión, por darnos la oportunidad de estudiar la carrera de Ingeniería Ambiental y ser profesionales.

A nuestros padres, por apoyarnos en todo momento a pesar de las dificultades.

Asimismo, de forma especial al Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera, por su asesoría y por estar siempre disponible a ayudarnos y defendernos en todo el trayecto de la investigación.

De la misma forma a los docentes MSc. Rose Adeline Callata Chura, MSc. Jael Calla Calla y la Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani por su apoyo, comprensión y motivación.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	xv
ABSTRACT.....	xvi
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	17
1.1. Identificación del problema	17
1.2. Justificación	19
1.3. Presuposición filosófica.....	20
1.4. Objetivos de la investigación.....	22
1.4.1. Objetivo general.	22
1.4.2. Objetivos específicos.....	22
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LA LITERATURA	23
2.1. Antecedentes.....	23
2.1.1. Antecedentes internacionales	23
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	25
2.1.3. Antecedentes locales	27
2.2. Revisión de literatura	27
2.2.1. Agua residual.....	27

2.2.2. Tipos de agua residual.....	28
2.2.2.1. Aguas residuales domésticas	28
2.2.2.2. Aguas residuales municipales.....	30
2.2.2.3. Aguas residuales industriales.....	30
2.2.2.4. Aguas residuales agroindustriales.....	30
2.2.2.5. Aguas residuales orígenes minero-metalúrgicos	30
2.2.2.6. Aguas residuales pluviales.....	31
2.2.3. Características físicas, químicas, biológicas de las aguas residuales domésticas .	31
2.2.3.1. Características físicas.....	31
2.2.3.2. Características químicas	34
2.2.3.3. Características microbiológicas	36
2.2.4. Tipos de tratamiento de aguas residuales domésticas	37
2.2.4.1. Tratamiento preliminar	37
2.2.4.2. Tratamiento primario	37
2.2.4.2.1. Tanque séptico.....	38
2.2.4.3. Tratamiento secundario	40
2.2.4.4. Tratamiento biológico de agua residual.....	40
2.2.5. Microorganismos eficientes (EM).....	41
2.2.6. EM en el agua.....	41
2.2.6.1. Bacterias ácido lácticas.....	42

2.2.6.2. Bacterias fotosintéticas: <i>Rhodospseudomonas palustris</i>	43
2.2.6.3. Levaduras: <i>Saccharomyces cerevisia</i>	43
2.3. Marco conceptual.....	44
2.4. Marco legal	46
CAPÍTULO III: MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	48
3.1. Descripción del lugar de ejecución.....	48
3.2. Tipo de investigación.....	49
3.3. Variable de estudio	50
3.4. Desarrollo del proyecto de investigación	50
3.4.1. Materiales	50
3.4.2. Muestro de agua residual para el análisis de los parámetros.....	51
3.4.3. Diseño del tanque séptico.....	52
3.4.4. Equipo de bombeo.....	53
3.4.5. Diseño de bandejas de aireación	54
3.4.6. Diseño del canal de maduración.....	55
3.4.7. Activación de “Microorganismos Eficientes”	56
3.4.8. Forma de aplicación de los EM.....	56
3.4.9. Determinación de la capacidad de remoción.....	57
3.4.10. Sistema del tratamiento de ARD.....	57
3.5. Flujograma del desarrollo experimental	59

3.6. Análisis de datos	60
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES	61
4.1. Estimación del caudal	61
4.2. Tiempo de retención hidráulica	62
4.3. Resultados de los parámetros antes del tratamiento	63
4.4. Resultados de los parámetros de la investigación.....	64
4.4.1. Demanda bioquímica de oxígeno	64
4.4.2. Sólidos suspendidos totales	68
4.4.3. Coliformes termotolerantes	72
4.4.4. Determinación del pH	76
4.4.5. Determinación de la temperatura	79
4.9. Determinación de la eficiencia del sistema aerobio con EM.....	80
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
5.1. Conclusiones	84
5.2. Recomendaciones	85
REFERENCIAS.....	86
ANEXOS	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de contaminantes en agua residual doméstica	29
Tabla 2. Compuestos orgánicos presentes en el agua residual domésticas	32
Tabla 3. Ubicación geográfica del área de investigación.	48
Tabla 4. Materiales de construcción	50
Tabla 5. Materiales de campo, insumos, equipos, laboratorio y formatos	51
Tabla 6. Muestreo y análisis de los parámetros	52
Tabla 7. Caudal promedio.....	62
Tabla 8. DBO ₅ , SST y CTT antes del tratamiento comparados con el DS N°003-2010-MINAM	63
Tabla 9. Resultados promedios de la DBO ₅ , SST y CTT antes y después de los tratamientos	64
Tabla 10. Prueba de ANOVA para demanda bioquímica de oxígeno	68
Tabla 11. Prueba de ANOVA para sólidos suspendidos totales.....	72
Tabla 12 Prueba de ANOVA para Coliformes termotolerantes	76
Tabla 13. Registro de temperatura con diferentes tratamientos de EM.....	80
Tabla 14. Eficiencia del sistema aerobio con microorganismos eficientes	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de sólidos presentantes en ARD	33
Figura 2. Tanque séptico.....	39
Figura 3. Ubicación del lugar de ejecución	49
Figura 4. Bomba sumergible.....	54
Figura 5. Calefactor solar.....	55
Figura 6. Forma de aplicación de EM.....	57
Figura 7. Sistema de tratamiento de agua residual	58
Figura 8. Desarrollo experimental	59
Figura 9. Comportamiento de la DBO ₅ con diferentes tratamientos y los LMP	65
Figura 10. Remoción DBO ₅ por microorganismos eficientes en el sistema aerobio.....	67
Figura 11. Comportamiento de SST con diferentes tratamientos y LMP.....	69
Figura 12. Remoción de SST por microorganismos eficientes en el sistema aerobio.....	71
Figura 13. Comportamiento de CTT con diferentes tratamientos y LMP	73
Figura 14. Remoción de CTT por microorganismos eficientes en un sistema aerobio	75
Figura 15. Valores de pH antes y después del tratamiento con 0L de EM	77
Figura 16. Valores de pH antes y después del tratamiento con 3L de EM.....	78
Figura 17. Valores de pH antes y después del tratamiento con 4L de EM	79
Figura 18. Eficiencia de remoción de la DBO ₅ con diferentes tratamientos de EM	81
Figura 19. Eficiencia de remoción de la SST con diferentes tratamientos de EM	82
Figura 20. Eficiencia de remoción de CTT con diferentes tratamientos de EM	82

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Hoja de cálculo para del diseño del tanque séptico.....	94
Anexo B. Panel fotográfico	97
Anexo C. Resultado general de los parámetros analizados	107
Anexo D. Resultados de los análisis de DQO y OD.....	108
Anexo E. Informe de resultados estadísticos	110
Anexo F. Informe de resultados de laboratorio antes del tratamiento	115
Anexo G. Informe de resultados de laboratorio después del tratamiento	116
Anexo H. Cadena de custodia.....	117
Anexo I. Hoja de Campo	118
Anexo J. Ubicación de punto de monitoreo.....	119
Anexo K. Registro de datos de la estación meteorológica automática-Juliaca	120
Anexo L. Diseños de planos	123

SÍMBOLOS USADOS

EM: Efficient Microorganisms

EM-1: Microorganismos Eficientes Agua

PTAR: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

SST: Sólidos Suspendidos Totales

CTT: Coliformes Termotolerantes

pH: Potencial de Hidrógeno

OD: Oxígeno Disuelto

LMP: Límites Máximos Permisibles

MINAM: Ministerio del Ambiente

CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales

RAS: Reglamento Técnico del Sector de Agua potable y Saneamiento básico

AR: Aguas Residuales

ARD: Aguas Residuales Domesticas

SENAMHI: Servicio Nacional de Meteorología e hidrología del Perú

SUNASS: Superintendencia Nacional de Servicios Sanitarios

OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental

OISCA: Organization for Industrial Spiritual and Cultural Advancement

ANA: Autoridad Nacional del Agua

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua

DBCA: Diseño de Bloques completamente aleatorio

WWAP: World Water Assessment Programme

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar la remoción de materia orgánica a través de un sistema aerobio con microorganismos eficientes (EM) en aguas residuales domésticas. Esta investigación tuvo tres etapas: Diseño y construcción del sistema de tratamiento, aplicación de los EM y análisis de los resultados de DBO₅, SST y CTT. El experimento se realizó con tres tratamientos: 0, 3, y 4 L de EM, durante 15 días con mediciones cada 5 días (5, 10 y 15). Los resultados fueron los siguientes: con 0 L de EM fue de 62%, con 3 L de 75% y con 4 L de 80% de remoción. Los tratamientos 3 y 4 L muestran un incremento significativo respecto al testigo (0 L) ($p < 0.05$), y la frecuencia de evaluación no influyó en los parámetros de SST, CTT excepto en la DBO₅, además hubo diferencia significativa ($p < 0.05$) en todos los tratamientos después de separar el periodo de evaluación. En conclusión, los microorganismos eficientes en un sistema aerobio logran una mejor remoción de materia orgánica, así el tratamiento con 4 L de EM y el sistema aerobio demostraron mejores resultados logrando lo establecido en los Límites Máximos Permisibles.

Palabras Clave: Agua residual domésticas, microorganismos eficientes, remoción de materia orgánica y sistema aerobio.

ABSTRACT

The goal of this research was to evaluate the removal of organic matter through an aerobic system with efficient microorganisms (EM) in domestic wastewater. This research had three stages: Design and construction of the treatment system, application of the MS and analysis of the results of BOD5, SST and CTT. The experiment was end up with three treatments: 0, 3, and 4 L of EM, during 15 days with measurements every 5 days (5, 10 and 15). The results were: with 0 L of EM was 62%, with 3 L was 75% and with 4 L was 80% of removal. The Treatments 3 and 4 L show a significant increase compared to the control (0 L) ($p < 0.05$), and the frequency of evaluation did not influence the parameters of SST, CTT except BOD5, and there was a significant difference ($p < 0.05$) in the treatments after separating the evaluation period. In conclusion, the efficient microorganisms in an aerobic system achieve a better removal of organic matter, so the treatment with 4 L of EM and the aerobic system showed better results achieving the established in the Maximum Permissible Limits.

Keywords: Domestic wastewater, efficient microorganisms, removal of organic matter and aerobic system.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Identificación del problema

Las aguas residuales domésticas (ARD) están compuestas por materia orgánica, nutrientes, compuestos orgánicos recalcitrantes y metales; de los cuales la contaminación por materia orgánica reviste de gran interés, este contaminante está compuesto por elementos complejos y heterogéneos : carbohidratos, proteínas, ácidos grasos entre otros; según Shon y Vigneswaran (en Salgado Bernal et al., 2012) es la mezcla de materia orgánica natural, productos microbianos solubles y sustancias químicas perjudiciales. Carmmarota & Freire (en Salgado Bernal et al., 2012) mencionan que las ARD poseen diferentes concentraciones de materia orgánica, así las proteínas conforman un 40%-60%, los carbohidratos un 25%-50% y los lípidos un 10%-30%.

Las ARD en la actualidad están ocasionando serios daños al medio ambiente y a la humanidad debido a la ausencia de su tratamiento, el cual es una práctica primordial para evitar la contaminación de ecosistemas y la generación de focos infecciosos que afectan a la salud de las personas. A nivel mundial aproximadamente, el 80% de las aguas residuales doméstica (ARD) no tienen un tratamiento previo a su descarga, afectando la calidad del agua superficial y subterránea, generando inestabilidad ambiental, económica y social (WWAP, 2017). Otros factores que se suman a este problema es el aumento demográfico, la falta de conocimiento de tecnologías, la globalización y la industrialización. Del mismo modo se estima que en los países

de américa latina solo el 20% de las aguas residuales municipales e industriales son tratadas (WWAP, 2017).

De igual manera, a nivel nacional la insuficiente cobertura del servicio de alcantarillado, ha ocasionado que solo el 69.6% de la población urbana sea atendida por empresas prestadoras de servicio en saneamiento. Además de 2.2 millones m³ de ARD solo el 32% que pasan por los alcantarillados reciben un tratamiento antes de ser vertidas al cuerpo receptor, y la cantidad restante es vertida directamente a los cuerpos de agua o usadas para riego de cultivos; sin embargo, existen plantas de tratamiento de agua residual que poseen infraestructuras insuficientes excediendo los estándares de calidad y los límites máximos permisibles (OEFA, 2014).

Según la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento [SUNASS] (2015), la región de Puno cuenta con 6 empresas prestadoras de servicio, de las cuales una se encuentra en la ciudad de Juliaca, el cual brinda un servicio que no es suficiente por causa del crecimiento desmesurado de la población, y esto ha generado la falta de servicios básicos como el sistema de alcantarillado.

Esta situación es evidente en las zonas periurbanas de la ciudad donde las aguas residuales son vertidas al ambiente sin ningún tratamiento, causando problemas ambientales; además de generar focos infecciosos que dañan a la salud humana. La Organización Mundial de la Salud (OMS) explica que estas aguas provocan la aparición de vectores como: moscas, zancudos, ratas y cucarachas, causando enfermedades: Las alergias, hepatitis, paludismo, enfermedades gastrointestinales y fiebre amarilla.

Gutiérrez (2014) en el diario la República informó que la laguna de oxidación de la ciudad de Juliaca donde desembocan las ARD, no cumple su función y provocan contaminación de los ríos y comunidades aledañas. Asimismo, las obstrucciones de las tuberías de alcantarillado causan el colapso de algunos buzones de desagüe generando enfermedades epidemiológicas.

Por estas razones, es necesario que se realicen tratamientos eficientes para la remoción de contaminantes que poseen las ARD, así como la materia orgánica. En la actualidad, se han puesto gran interés en la biotecnología ambiental y desarrollo sostenible; en particular, las tecnologías biológicas demuestran eficiencia en la remoción de materia orgánica carbonosa medida: DBO₅, DQO, COT (Nodal, en por Borges et al., 2012). La selección de una tecnología depende al potencial en la depuración de las aguas residuales.

Los microorganismos eficientes (EM) tiene una alta capacidad de remoción de materia orgánica, eliminación de los malos olores (Pontaza Pivaral, 2014) y una cualidad facultativa que le permite trabajar bajo condiciones aerobias y anaerobias (Enríquez Brito, Viera Briones, & Mendoza Garcia, 2010). Existen diversas investigaciones que aplicaron esta tecnología y ((Enríquez Brito et al., 2010), Agreda Montalico (2015), García Castro & Robles García (2018) y Canales López & Sevilla Carpio (2016)) han mostrado una eficiente depuración de aguas residuales domésticas. En este sentido la investigación tiene el propósito de evaluar la remoción de materia orgánica mediante un sistema aerobio, utilizando microorganismos eficientes (EM), para la reducción de materia orgánica.

1.2. Justificación

La contaminación del suelo y agua (superficiales y subterráneas) por AR es un problema que abruma a diferentes países del mundo. Las consecuencias que generan son la degradación de

ecosistemas, proliferación de vectores y enfermedades. Esta investigación ofrece solucionar este problema, utilizando la tecnología EM, ya que diversas investigaciones de Espinoza Zegarra (2017), García Castro & Robles García (2018) y Vásquez Tarrillo (2017) utilizaron esta tecnología, obteniendo buenos resultados en la depuración de ARD.

Los beneficiados de esta investigación son las poblaciones periurbanas y rurales de la ciudad de Juliaca como la residencia del personal en el campus de la Universidad Peruana Unión Filial Juliaca. Asimismo, aportará nuevas alternativas de solución para la depuración de aguas residuales en zonas alto andinas, pues estas zonas altiplánicas poseen un clima frígido que representa un obstáculo para que un tratamiento biológico sea eficiente. Así también los resultados que obtendremos son beneficiosos para otras investigaciones.

Esta tecnología puede utilizarse en centros poblados, instituciones y ciudades, porque es económica y fácil de manejar, también se pueden implementar en PTAR, ya que son una alternativa facultativa; es decir, son adaptables a medios aerobios y anaerobios. Además, remueven la materia orgánica y los malos olores de manera natural, sin generar daños al medio ambiente.

1.3. Presuposición filosófica

Desde la cosmovisión creacionista, Dios creó los seres vivos y los ecosistemas naturales por amor al hombre, Dios le ordenó a la especie humana que guardara y cuidase la naturaleza que le rodeaba; alcanzando con ello un compromiso con su Creador, porque de todos estos recursos naturales que Dios le brindó dependerá su subsistencia y sus generaciones posteriores.

En el libro de Génesis 1:28 se registra el nombramiento del hombre como mayordomo, ya que Dios proporcionó a la pareja, por medio de Adán el derecho y los poderes para que dirijan todo lo que existe en este planeta, ellos eran la autoridad máxima, en representación de Dios, pero con la entrada y el desarrollo del pecado este pacto se rompió, porque la humanidad al pasar de los años ha olvidado este mandato, interrumpiendo el orden original de la creación, uno de los casos más evidentes es la contaminación del agua a consecuencia de las diferentes actividades que el hombre realiza.

El libro de Ezequiel 34:18 refiere que el hombre actúa para sus propios beneficios, destruyendo sus principales recursos que son necesarios para su sobrevivencia; por ejemplo, el agua, hoy en día, es un recurso que está siendo desvalorado, es utilizado inadecuadamente y está siendo contaminado por las aguas residuales, residuos sólidos, entre otros.

La escritora norteamericana Ellen G. White en sus “declaraciones ciencias de la tierra” nos recuerda la importancia que tiene el contacto con un medio ambiente puro, para la salud de la mente humana y la ayuda en la curación de los enfermos; además el ambiente testifica a Dios: “La naturaleza testifica que un infinito en poder, grande y bondadoso, misericordioso y amoroso, creó la tierra y la llenó con vida y felicidad ”(p.3); Por ello en el segundo libro de Crónicas 7:14, Dios llama a una reconciliación al hombre, y a establecer una nueva relación con la naturaleza; por ejemplo, el agua ofrecen atributos importantes para la vida de los seres vivos; así el libro de Ezequiel 36:25 afirma que el agua es símbolo de limpieza; en Éxodo 23:25, escribe que el agua es símbolo de salud; en Salmos 1:3 se advierte que el agua es símbolo de prosperidad y en San Juan 4:14 se menciona que el agua es símbolo de vida.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general.

- Evaluar la remoción de materia orgánica a través de un sistema aerobio con microorganismos eficientes (EM) en aguas residuales domésticas.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las características físicas, químicas y microbiológicas obtenidas con diferentes volúmenes de EM.
- Determinar la dosis óptima de los microorganismos eficientes para la remoción de materia orgánica.
- Comparar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del efluente con la normativa vigente.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

La investigación realizada por Calderón Muñoz, Forero Poveda, & Suarez Cerquera (2012) tuvo el objetivo: “Implementar un diseño piloto de bandejas de aireación para aguas potencializado con microorganismos eficientes” (p. 25). La metodología tuvo cuatro etapas: Diseño del prototipo, inoculación de ME, recuento de placa de ME y ensayos de agua residual doméstica y agua potable. Los resultados demostraron una eficiencia significativa, teniendo en cuenta que los parámetros medidos en el inicio presentaron rangos por fuera de la norma; en síntesis, las pruebas del prototipo para el tratamiento con agua potable, y agua residual doméstica muestran una efectividad para el DBO₅, en un rango del 35% al 65%, para el DQO del 27% al 47% y para SST del 31% al 65%. En conclusión, la efectividad del prototipo aproximadamente está dentro del 60% al 70% para disminuir el DBO, DQO, SST para calidad de agua potable y encontrar el reusó de agua residual para agricultura.

La Corporación Autónoma Regional de Nariño (2006) realizó una investigación con el objetivo de tratar las aguas servidas industriales de trapiches paneleros con microorganismos eficientes (EM); por tanto, se realizó el diseño y construcción de un prototipo del sistema de tratamiento (tanque recolector, trampa de flotantes, tanques digestores y canal de maduración);

asimismo, se evaluó caudal y analizó la adaptación del sistema, lo que permitió optimizar las condiciones iniciales para insertar los EM. Los microorganismos fueron colocados solo una vez directos en cada unidad de tratamiento (1 litro de EM por cada metro cubico). Los resultados demostraron que a comparación de las concentraciones iniciales de los parámetros (DBO₅: 35.3 mg/L, DQO: 77.227 mg/L, y 58.698 mg/L), después de tratamiento mostraron una eficiencia de remoción para el DBO₅ 91%, para el DQO 93% y para SST 97%.

Reyes Mendoza (2004) realizó una investigación con el objetivo de estabilizar los lodos sépticos provenientes del tanque séptico, del comedor de la Universidad EARTH con EM. La metodología que utilizaron se resume en dos etapas, en la primera etapa se incubaron muestras de lodo séptico con EM (0%, 2,5%, 5%, 7,5% y 10%, v/v), los cuales fueron evaluados cada tres días en un periodo de 15 días. La segunda etapa consistió en elegir tres tratamientos de la primera etapa (0%, 2,5% y 5%, v/v) utilizando 6 repeticiones evaluándolos cada 3 días en un periodo de 15 días. Los resultados demostraron que los tratamientos con EM tenían un olor característico a fermentación; sin embargo, solo la demanda biológica de oxígeno (DBO₅) cumplió con los límites máximos permisibles (LMP), mientras que el DQO y SST no los cumplieron.

Por otro lado, Cardona Gómez & García Galindo (2008) realizaron un estudio con el objetivo de “Monitorear algunos de los cambios fisicoquímicos y microbiológicos que se presentaron en un ARD tras aplicar 3 diferentes concentraciones de EM” (p.4). Las dosis de EM fueron las siguientes: 1/10000, 1/5000 y 1/3000 v/v, estos se emplearon en tanques de 1.10 x 0.56 m y 7 mm de espesor que contenían 110 L de agua residual, cada tratamiento fue evaluado en distintas alturas (20 y 40 cm) y periodos (0, 10, 30, 45 días). Los resultados demostraron que no existen

diferencias significativas con respecto a las profundidades evaluadas los tratamientos y entre el control. “Por lo cual se concluyó que no existió un efecto de la profundidad de la aplicación de EM, bajo las condiciones del presente estudio” (p. 57).

La investigación de Pontaza Pivaral (2014) responde al objetivo: “Determinar la eficiencia de Microorganismos Efectivos (EM) en remoción de materia orgánica de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) San Cristóbal (colonia Panorama), Mixco, Guatemala” (p. 23); para mitigar los malos olores y dar un mejor tratamiento al agua residual. La metodología consistió en la toma de muestras a la entrada y salida del PTAR; así mismo, se realizó el análisis respectivo, durante 4 meses, obteniendo como resultado la disminución de la carga orgánica al 19.7 % y reduciendo los olores al 100%.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Agreda Montalico (2015) realizó la investigación con el siguiente objetivo: “Determinar la eficacia de los Microorganismos eficientes en el tratamiento de aguas residuales” (p.6), para ello utilizaron 20 envases de 8 litros, de los cuales 2 fueron testigos y 18 fueron unidades experimentales, a los que se aplicó tres distintas dosis de EM (8, 16 y 32 ml). Los análisis fueron a los 45 y 90 días en los parámetros de estudio: Coliformes termotolerantes (CTT), DBO₅, DQO y SST. Los resultados obtenidos a los 45 días fueron: Los CTT disminuyeron a 11,3 NMP/100ml, el DBO₅ a 115.2 mg/l, el DQO a 238.4 mg/l y los SST a 191.0 mg/l; mientras que a los 90 días el CTT se redujo a 6.0 NMP/100ml, el DBO₅ a 46,3 mg/l, el DQO a 98.0 mg/l y por último los SST a 78.3 mg/l, por lo que se concluye que los EM son eficientes en el tratamiento de AR y que realizan un mejor trabajo en periodos largos.

Otra investigación realizada por Vásquez Tarrillo (2017) responde al objetivo: “Determinar el efecto de los microorganismos eficientes (EM) en la remoción del valor de la DB de las aguas residuales de la localidad de Jepelacio Tarapoto” (p.2). Para ello utilizaron muestras de la laguna facultativa para los tratamientos respectivos, con las siguientes concentraciones de EM: 5, 10 y 15 ml, cada tratamiento fue evaluado a los 10 días. Así los resultados más resaltantes son: el DBO con 10 ml de EM redujo de 460,5 a 30,83, con 15 ml EM redujo de 460,5 a 47,41 y con 5ml EM se redujo 460,5 a 71,83. En conclusión los EM demostrados eficiencia en la remoción del DBO, siendo la dosis 10 ml la más efectiva.

García Castro & Robles García (2018) realizaron una investigación experimental con el objetivo de “Evaluar la cantidad de microorganismos eficientes que mejor efecto tiene en la calidad de las aguas residuales domésticas de la Universidad Nacional de Ucayali”, empleando tanques experimentales donde se aplicaron 3 diferentes (T1=4 ml, T2= 6 ml, T3= 8 ml) concentraciones de microorganismos y analizando los siguientes parámetros: pH, conductividad, temperatura, sólidos totales suspendidos, DBO₅, DQO, coliformes totales y fecales, amoníaco, sulfato, nitrato, cobre, turbiedad y hierro durante 21 días; los resultados fueron los siguientes: La DBO₅ desde 145 mg/L a 43 mg/L y los sólidos totales suspendidos desde 446 mg/L a 439.8 mg/L; por último, los Coliformes termotolerantes disminuyó desde 78127 NMP/1000mL a 2838.67 NPM/1000mL, concluyendo que no existe relación significativa entre los tratamientos, pero si existe diferencia en el tiempo de acción de los microorganismos eficientes.

Canales López & Sevilla Carpio (2016) realizaron una investigación, cuyo objetivo es: “Evaluar el efecto de los Microorganismos Eficaces (EM) sobre la calidad de agua residual

doméstica del distrito de Pátapo” (p. 10). La metodología que utilizaron consistió en la aplicación de 1 mL EM por cada litro de agua residual, se manipuló 10 litros de agua, los cuales fueron evaluados cada 15 días, durante un mes y medio. Los parámetros que se determinaron fueron los siguientes: pH, DQO, DBO₅, dureza total, nitratos, cloruros, color, olor, coliformes totales, coliformes termotolerantes. Los resultados más resaltantes fueron: El DBO₅ en un inicio tenía 120 mg/L y redujo hasta un 41 mg/L, logrando una eficiencia de 65.83%, el DQO con 162 mg/L a 51.66 mg/L, consiguiendo un 65.83% de eficiencia y los Coliformes termotolerantes disminuyó de 5×10^6 NMP/mL a 210 NMP/ML, obteniendo una eficiencia de un 99.99%. En conclusión, “existe un efecto significativo sobre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos evaluados al aplicar EM” (p. 11).

2.1.3. Antecedentes locales

Valdez Pino (2016) tiene como objetivo: “Comparar y evaluar el efecto de los microorganismos eficientes (EM) sobre los parámetro físico, químicos y microbiológico de las aguas residuales domésticas en la planta de tratamiento en la localidad de Chucuito” (p. 24); realizaron una investigación experimental con EM para la disminución de materia orgánica en el agua residual, obteniendo el resultado más relevante en 15 días de DBO 117.33 mg/L a 2% de EM. En conclusión, la aplicación con 3 tipos de dosis de EM en agua residual no pudo obtener el efecto esperado según los Límites Máximos Permisibles.

2.2. Revisión de literatura

2.2.1. Agua residual

Osorio Robles, Torres Rojo, & Sánchez Bas (2010) definen que las aguas residuales son cuerpos de agua que provienen del empleo de un agua natural; así mismo, Lazcano Carreño

(2014) explica que provienen de las diferentes actividades que realiza el hombre y los animales, tanto como de las precipitaciones, alcantarillados o vertimientos directos al medio ambiente; por otro lado, Hernández Muñoz (2007) menciona que son aquellos cuerpos de agua que han sufrido alteraciones físicas, químicas y biológicas, por la introducción de contaminantes: residuos sólidos, químicos, biológicos, industriales, agrícolas, y de sistemas de abastecimiento de una población, entre otros; es por esta razón que pueden cambiar su origen a agua residual doméstica, industrial y pluvial.

El agua residual está compuesto por un 99% de agua y 1% de materia sólida, este último elemento está conformado por la materia mineral proveniente de la vida cotidiana y abastecimiento, y la materia orgánica que es exclusivamente de las actividades humanas compuesta por materia carbonácea, proteínas y grasas (Rojas, 2002).

2.2.2. Tipos de agua residual

Las aguas residuales se clasifican según su disposición, así tenemos las aguas residuales domésticas, municipales, industriales, agroindustriales, de orígenes minero-metalúrgicos y pluviales (Lazcano Carreño, 2014).

2.2.2.1. Aguas residuales domésticas

Este tipo de agua residual es generado por viviendas, edificios comerciales y centros públicos, normalmente están contaminadas por eses, orina, aguas de cocina, lavado y baño. (Orozco Barrenetxea, Pérez Serrano, Gonzáles Delgado, Rodríguez Vidal, & Alfayate Blanco, 2013) Frecuentemente es de color gris, tiene turbiedad y materia flotante, en la tabla 1 se muestra los típicos contaminantes encontrados en el agua residual doméstica (Jíménez Cisneros, 2011).

Tabla 1.

Tipos de contaminantes en agua residual doméstica

Compuesto	Unidades	Concentraciones		
		Mínimo	Promedio	Máximo
Sólidos totales	mg/L	350	720	1200
Sólidos disueltos	mg/L	250	500	850
Sólidos fijos	mg/L	145	300	525
Sólidos Volátiles	mg/L	105	200	325
Sólidos suspendidos totales	mg/L	105	220	350
Sólidos fijos	mg/L	100	55	75
Sólidos Volátiles	mg/L	20	165	275
Sólidos sedimentables	mg/L	80	10	20
DBO ₅	mg O ₂ /L	5	220	400
DQO	mg O ₂ /L	110	500	1000
COT	mg C/L	250	160	290
Nitrógeno total	mg N/L	80	40	85
Nitrógeno orgánico	mg/L	8	15	35
Nitrógeno amoniacal	mg/L	12	25	50
Fósforo total	mg/L	4	8	15
Grasas	mg/L	20	100	150
Alcalinidad	mg CaCO ₃ /L	510	100	200

Fuente: Adaptación de Metcalf y Eddy (1991, en Jiménez Cisneros, 2011, p. 163)

2.2.2.2. Aguas residuales municipales

El agua residual municipal está compuesto por aguas residuales domésticas, oficinas, restaurantes, mercado, industriales, agua de escorrentía y agua de infiltración (Mujeriego, 1990); sin embargo, su composición puede variar de acuerdo a las estaciones del año o por los diferentes usos del agua, lo que puede incrementar los contaminantes de algunos componentes difíciles de tratar (Campos Gómez, 2000).

2.2.2.3. Aguas residuales industriales

Las aguas residuales industriales provienen de las instalaciones de manufactura, elaboración de alimentos (Mujeriego, 1990); sin embargo, su composición varía de acuerdo al tipo de industria que es y método de producción correspondiente (Orozco Barrenetxea et al., 2013).

2.2.2.4. Aguas residuales agroindustriales

Se refiere a las aguas provenientes de actividades agrícolas, establos, granjas avícolas, entre otros; se caracteriza por tener gran cantidad de materia orgánica: el estiércol y purines de animales combinado con residuos tóxicos de los pesticidas y fertilizantes usados en la agricultura; por otro lado, cabe mencionar que es importante incluir a los farmacéuticos ya que es usado para la crianza de animales (Lazcano Carreño, 2014).

2.2.2.5. Aguas residuales orígenes minero-metalúrgicos

Estas aguas contribuyen mayor contaminación ambiental, ya que posee altas concentraciones de cloruros, cuya salinidad puede superar los 180.000 ppm (Villas Boas & Sanchez, 2006), normalmente provienen de los escurrimiento y arrastres de residuos minero-metalúrgicos peligrosos, los cuales se descargan en los cuerpos de agua (Gutiérrez Barba, 2001).

2.2.2.6. Aguas residuales pluviales

Este tipo de agua residual se genera por arrastre de sustancias; entre ellas tenemos la deposición de contaminantes atmosféricos, arrastre de residuos, restos de basura de calle, contaminación derivados del tráfico, contaminación de aguas de drenaje (Orozco Barrenetxea et al., 2013).

2.2.3. Características físicas, químicas, biológicas de las aguas residuales domésticas

2.2.3.1. Características físicas

a) Sólidos:

Los sólidos están presentes en el agua en forma de partículas visibles y coloidales, principalmente por MO: Carbohidratos, lípidos, proteínas, células de organismos vivos y muertos, partículas orgánicas, inorgánicas y partículas de fibras; muchos de estos elementos pueden ser beneficios y otros no; esto depende de los componentes del tipo de agua residual (Lazcano Carreño, 2014). Así también se ha establecido que el ARD está compuesta en 99.9% de agua y 1% de sólidos, de los cuales 30 % son inorgánicos (arenas, sales y metales), y el 70% son orgánicos principalmente por carbohidratos, proteínas y lípidos (Agudelo Patiño & Alvear Daza, 2015), en la tabla 2 se mencionan los compuestos orgánicos que posee las aguas residuales domésticas.

Tabla 2.

Compuestos orgánicos presentes en el agua residual domésticas

Compuestos orgánicos	Referencias		
	Scotti (1968)	Tebbutt (2013)	Metcalf y Eddy (2003)
	%	%	%
Proteínas	40	65	40-60
Carbohidratos	50	25	25-60
Lípidos	10	10	10

Fuente: Metcalf y Eddy (2003) y Tebbutt (2013) (en Agudelo Patiño & Alvear Daza, 2015, p.13)

b) Sólidos totales:

Son los residuos que quedaron después de la evaporación de una muestra de agua a 105°C durante 24 horas, los residuos contienen sólidos suspendidos totales (SST) y sólidos disueltos (SD), a continuación, en la figura 1, se presenta la clasificación de los sólidos que componen al ARD.

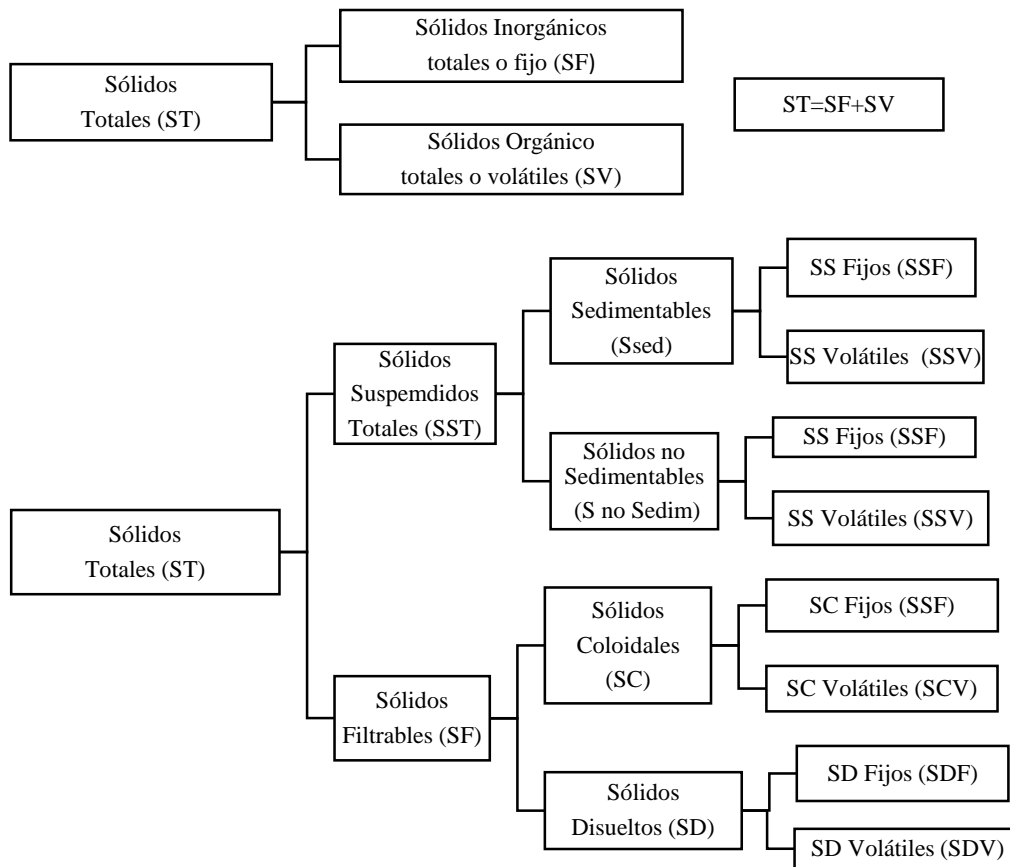


Figura 1. Tipos de sólidos presentes en ARD
 Fuente. Agudelo Patiño & Alvear Daza (2015)

c) Temperatura

La temperatura es un parámetro importante para las reacciones químicas; por ende es fundamental para el tratamiento biológico, según Lazcano Carreño (2014) las AR posee un temperatura mayor que la temperatura de la red de agua potable, debido a que se vierten líquidos calientes, y mayores a la temperatura del aire, especialmente en épocas de frío; así también menciona que las temperaturas altas disminuyen el oxígeno disuelto, trayendo como consecuencia la disminución del crecimiento bacteriano y de otras especies, además menciona que en zonas con temperaturas por debajo de los 10°C las PTAR deberían prologar el tiempo de

retención ya que la tasa de crecimiento de los microorganismos es muy larga, enfatizando que la temperatura adecuada para el crecimiento microbiológico esta entre 25°-35°C.

2.2.3.2. Características químicas

Los compuestos químicos presentes en el agua residual provienen de diversos contaminantes, estos provocan diferentes efectos negativos en la calidad del agua: la alteración de los ecosistemas acuáticos, la pérdida de los recursos hídricos, riesgos para la salud e incrementos de costo del tratamiento de agua para su uso. Dentro de estos contaminantes químicos más comunes, están los siguientes parámetros (Lazcano Carreño, 2014):

- Potencial de Hidrógeno (pH)
- Aceites y grasas
- OD
- DBO₅
- DQO

Los parámetros mencionados son importantes, porque permiten determinar el nivel de contaminación que presentan las AR; así tenemos al pH, que es un factor muy importante en los sistemas químicos y biológicos de las aguas naturales; la mayoría de las especies acuáticas, viven en zonas de pH entre 6.0 y 7.2, fuera de este rango no es posible la vida y trae como consecuencia la desnaturalización de las proteínas, del mismo modo Lazcano Carreño (2014) indica que, por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de 5 a 9, por ello es necesario que las aguas residuales se ajusten a los valores de pH indicados a fin de no alterar el sistema de tratamiento; por otro lado, Gil Rodríguez (2003) explica una mejor actividad microbiana y una mejor biodegradación transcurre a un óptimo pH.

Otro parámetro importante a considerar dentro de los contaminantes químicos, son los aceites y grasas; Lazcano Carreño (2014) indica que este parámetro representan el 10% de los compuestos orgánicos y la mayoría de estos productos son indeseables, ya que contribuyen a la obstrucción de tuberías provocando olores y espuma, y, por ende, perjudican a los procesos operativos: el manteamiento de las unidades. Además, su presencia en el agua altera la calidad estética (olor, sabor y apariencia), los procesos aerobios y anaerobios forman películas que impiden el desarrollo de la fotosíntesis y cubren los lechos de ríos y lagos degradando el ambiente.

Por otro lado, tenemos al oxígeno disuelto (OD) que según Sierra Ramírez (2011) es vital para la sobrevivencia de los peces y otros microorganismos acuáticos; así mismo, Franco Herrera (2005) menciona que este parámetro depende de la solubilidad, temperatura, salinidad, presión atmosférica y la presencia de sustancias químicas oxidables; por ejemplo, el OD disminuye cuando aumenta la temperatura y la salinidad, también cuando disminuye la presión atmosférica. La solubilidad del oxígeno atmosférico en aguas dulces, y al nivel del mar oscilan aproximadamente entre 15 mg/L a 0°C y 8 mg/L a 25°C.

Así mismo, otro parámetro importante es la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), Lazcano Carreño (2014) lo define como la cantidad de oxígeno consumido por los microorganismos para la oxidación de materia orgánica, por eso Sierra Ramírez (2011) lo considera como el parámetro con más significancia, para determinar carga orgánica en agua residual; por otro lado, los niveles de OD son bajos si los niveles de la DBO₅ son altos. La DBO₅ corresponde a la cantidad de oxígeno necesario, para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia (principalmente por bacterias y protozoarios), ya que las bacterias

están consumiendo ese oxígeno en gran cantidad; por ende, al haber menos oxígeno disponible en el agua, los peces y otros organismos acuáticos tienen menor posibilidad de sobrevivir.

Por último, otro parámetro importante es la demanda química de oxígeno (DQO). Sánchez, Herzig, Peters, Márquez, & Luis (2007) lo definen como la cantidad de oxígeno consumido para descomponer químicamente la materia orgánica e inorgánica; por eso es uno de los parámetros que mide la cantidad de materia orgánica presente en el agua; además, normalmente el agua no contaminada posee un DQO menor o igual a 10 mg/l y el agua fuertemente contaminada un DQO mayor a 200 mg/l.

2.2.3.3. Características microbiológicas

En vista del gran número de organismos patógenos presentes en aguas residuales y poluidas es posible aislar e identificar solo algunos de ellos (En Mercedes, Larrea-murrell, Rojas-badía, Romeu-álvarez, & Heydrich-pérez, 2012), eso sí con gran dificultad, los organismos como los coliformes se emplean como organismos indicadores por su fácil identificación y presencia abundante. Entre los contaminantes microbiológicos más importante tenemos: Coliformes totales, Coliformes termotolerantes (fecales).

También Rengifo (2012) indica que los Coliformes totales son microorganismos que provocan enfermedades (patógenas) y que están presentes en las heces fecales humanas o de animales causan: diarrea, retortijones, náuseas, cefaleas u otros síntomas. Estos patógenos podrían representar un riesgo de salud muy importante para bebés, niños pequeños y personas con síntomas inmunológicos gravemente comprometidas (Vargas, 1996).

Con respecto a los Coliformes termotolerantes (fecales) Camacho et al. (2009) señala que estos microorganismos están constituidos por bacterias Gram-negativas, capaces de fermentar la lactosa con producción de gas a las 48 h, de incubación a $44.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$. Este grupo no incluye una especie determinada; sin embargo, la más predominante es Escherichia Coli.

2.2.4. Tipos de tratamiento de aguas residuales domésticas

2.2.4.1. Tratamiento preliminar

Muñoz Cruz (2008) explica que el tratamiento preliminar se encarga de separar sólidos de gran tamaño, ya sean botellas, trapos, piedras, latas, plásticas, ente otros, a fin de no producir problemas en los posteriores tratamientos; la norma OS.090 (2006) menciona que este tratamiento utiliza dispositivos y/o unidades como las cribas y los desarenadores. Las cribas o cámara de rejas realizan la remoción de sólidos más gruesos, poseen una forma de barras metálicas paralelas, del mismo espesor e igualmente separadas; y los desarenadores se encargan de retener sólidos inorgánicos: arena, cenizas y grava, a los que se denomina generalmente arenas o partículas discretas, que, por lo general, contienen las aguas residuales.

2.2.4.2. Tratamiento primario

Carrión Carrera (2008) afirma que este proceso está compuesto enteramente de maquinarias, por ello es conocido como el tratamiento mecánico y tiene el objetivo de disminuir los sólidos (arenas, aceites, grasas y sólidos gruesos) sedimentables, usando tratamientos físicos o químicos. La norma OS.090 (2006) indica los procesos que el tratamiento primario puede tener: Tanque Imhoff, Tanques de sedimentación y Tanque de flotación.

El tanque Imhoff, es un sedimentador primario y realiza la digestión de lodos en la parte inferior, tienen una forma rectangular con una tolva en la parte inferior, y está integrado por una

cámara superior en forma de V que recibe el agua residual y que tiene la función de separar los sólidos de rápida sedimentación. Este tipo de tratamientos cada vez son menos frecuentes debido al avance tecnológico que hoy en día existe.

Seguidamente el tanque de sedimentación presenta diferentes formas (rectangulares, circular o cuadrado); los rectangulares podrán tener varias tolvas y las circulares o cuadradas una tolva central, con una inclinación de 60° para la adecuada evacuación de lodos. Y se encargan de remover partículas finas en suspensión y de baja densidad, usando el aire como agente de flotación.

Así mismo, Carrión Carrera (2008) describe algunas unidades de tratamiento de agua residual para poblaciones pequeñas como albergues o pequeñas comunidades rurales, así como el tanque séptico: un dispositivo impermeable y subterráneo, en forma de caja; su funcionalidad consiste en transferir agua residual por medio de tuberías hasta un depósito donde se separan los sólidos mediante la sedimentación, y así la materia orgánica sobrante es descompuesta por los microorganismos.

2.2.4.2.1. Tanque séptico

La norma IS.020 (2012) del reglamento de edificaciones menciona que el tanque séptico es una tecnología alterna, para el tratamiento de ARD en las zonas rurales y urbanas que no estén conectadas a la red de alcantarillado; de la misma forma, la CEPIS (2005) explica que el objetivo del tanque séptico es establecer una situación de estabilidad hidráulica, para la sedimentación de la materia orgánica, a fin de producir un afluente libre de sedimentos. Por otro lado, existen investigaciones que indican que el tanque séptico elimina un 80% de sólidos en suspensión (Majumder y sus colaboradores en CEPIS, 2005).

El tratamiento de aguas residuales con el tanque séptico funciona básicamente en tres etapas; el primero tiene principios de sedimentación y está conformado por el tanque, el cual se encarga de sedimentar los sólidos más gruesos al fondo en la zona de almacenamiento, mientras que los sólidos (materia orgánica) livianos se ubican en la parte intermedia y sobre estos se encuentran las grasas o natas; además tiene una parte libre donde se acumulan los gases producidos por los microorganismos al descomponer la materia orgánica, la materia degradada biológicamente debe extraerse periódicamente. La segunda etapa está compuesta por el drenaje, el cual está conformado por piedras, donde la materia orgánica sigue degradándose biológicamente. La tercera etapa se refiere a la remoción de lodos, los cuales se ubican en el fondo del tanque, y otros de origen grasoso: las natas (Rosales Escalante, 2003). A continuación, en la figura 2 se presenta un modelo de tanque séptico.

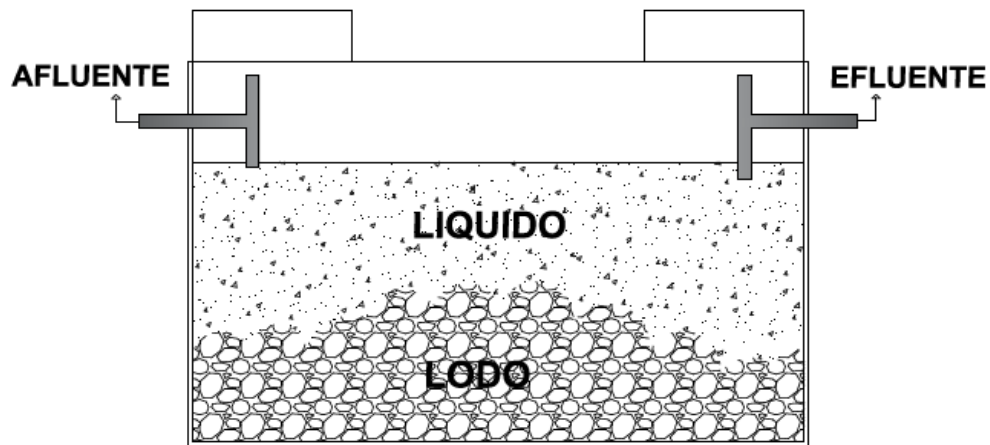


Figura 2. Tanque séptico
Fuente. Elaboración propia (2018)

2.2.4.3. Tratamiento secundario

Muñoz Cruz (2008) explica que son procesos biológicos (aerobios y anaerobios) que convierten la materia orgánica en sólidos sedimentables; es decir, es un proceso que trata los sólidos flotantes y sedimentables; por otro lado, la norma OS. O90 solo considera como tratamientos biológicos a aquellos procesos que disminuyen la DBO_5 a un 80%; así mismo, menciona los siguientes sistemas: lodos activados, biológicos rotativos de contacto, y biodigestores.

Los lodos activos son fáciles de operar, degradan la materia orgánica biológicamente y son capaces de tratar variaciones bruscas de carga orgánica. Los biodiscos son sistemas de tratamiento en los que los microorganismos son responsables de la degradación de la materia orgánica adheridos a un material de soporte, constan con discos de madera, material plástico o metales ubicados en forma paralela de modo que provean una alta superficie de contacto para el desarrollo de la biopelícula. Por último, los biodigestores son tanque impermeable, donde ocurre el proceso de digestión anaerobia. Además, cuenta con un sistema de dos fases que son: la sedimentación de lodos y la digestión anaerobia, dando como resultado final agua depurada (CEPIS, 2005).

2.2.4.4. Tratamiento biológico de agua residual

El tratamiento biológico utiliza organismos vivos: las plantas y los microorganismos; su funcionamiento se basa en el control del medio ambiente, para proporcionarles condiciones adecuadas para su crecimiento y así puedan remover la materia orgánica carbonosa, disminuir DBO_5 y DQO, Carbono orgánico, la nitrificación, la eliminación de fósforo y estabilización de lodos (Nodal, citado por Borges et al., 2012)

2.2.5. Microorganismos eficientes (EM)

Los microorganismos eficientes, llamado también en inglés Effective Microorganisms (EM) fueron desarrolladas en 1980, por el Doctor Teruo Higa, profesor de agricultura en la universidad de Ryukyus, Okinawa, en la ciudad de Japón, el objetivo principal de su investigación fue reemplazo de los fertilizantes químicos y pesticidas por el EM; actualmente, estos microorganismos no solo son usadas para la agricultura sino también para el tratamiento de aguas residuales, municipales, agropecuarias, industriales y manejo de residuos sólidos (Teruo Higa & Parr, 1994).

Los EM están conformados por 3 grupos de microorganismo que normalmente se encuentran en comidas, así tenemos: las bacterias fotosintética o fototróficas (*Rhodospseudomonas sp*), ácido láctico (*Lactobacillus sp*) y levadura (*Saccharomyces sp*); estos microorganismos no son nocivos, ni genéticamente modificados (Teruo Higa, 2001).

La tecnología EM actualmente es comercializada como EM•1® y es exportada a varios países de América Latina: Perú, Belice, Guatemala, Brasil, México, entre otros. Espinoza Zegarra (2017) menciona en su investigación que los EM eliminan y/o excluyen a los organismos nocivos y generan organismos beneficios que fortalecen al medio ambiente como las enzimas, ácidos orgánicos, aminoácidos, vitaminas y antioxidantes.

2.2.6. EM en el tratamiento de aguas residuales

De acuerdo con Enríquez Brito, Viera Briones, & Mendoza Garcia (2010), los EM tienen una alta capacidad de remoción de materia orgánica, eliminación de los malos olores y una cualidad facultativa que le permite trabajar bajo condiciones aerobias y anaerobias. Según Espinoza

Zegarra (2017), estos microorganismos son una tecnología nueva que ayuda a remover los contaminantes del agua residual. Los efectos más representativos en el tratamiento de agua residuales es la mejora la calidad del agua residual en DBO₅, DQO y OD.

Rashed & Massoud (2015) mencionan que estos microorganismos disminuyen olores fuertes producido por la descomposición de materia orgánica, además de reducir el DBO₅, DQO, SST y microorganismos termotolerantes acordes a los estándares ambientales. El mayor problema en una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), tanque séptico o letrinas es la presencia de materia orgánica; por tanto, la utilización de los microorganismos eficientes es una solución muy útil, gracias a una gran capacidad para reducción del volumen de sólidos y evitar la generación de malos olores ofensivos.

Además, Ladino Orjuela & Rodríguez Pulido (2009) menciona que los EM se activan en un pH ácido de 4 o menor, debido a la fermentación anaeróbica de los carbohidratos contenidos en la melaza; Así mismo, una investigación por Ramirez Martinez (2006) indica que los microorganismos poseen la capacidad de sinergia, sintrópica y metabólica, para ser empleada en muchos campos, uno de ellos es la disminución de materia orgánica.

2.2.6.1. Bacterias ácido lácticas

Las bacterias ácido lácticas son importadas de alimentos: el queso o el yogurt, su principal función es la inhibición de organismos patógenos, la formación de ácidos orgánicos, principalmente el ácido láctico, a partir de azúcares, e hidratos de carbono generados por bacterias fotosintéticas y levaduras. Los ácidos lácticos promueven la fermentación y descomposición de materia orgánica, además de ser un excelente esterilizante y gran

fermentador, en la agricultura eliminan microorganismos que afectan a las plantas. (Ramirez Martinez, 2006).

2.2.6.2. Bacterias fotosintéticas: *Rhodopseudomonas palustris*

Estos microorganismos generalmente se encuentran en el suelo y agua teniendo un metabolismo muy versátil al degradar gran cantidad de compuestos aromáticos. Utilizan la luz solar y calor del suelo como fuente de energía. Son una bacteria fotográfica facultativas que son capaces de promover aminoácidos, ácidos orgánicos y sustancias bioactivas, así como también vitaminas, hormonas, azúcares y heterótrofo que benefician a las bacterias acidolácticas y levaduras (Margulis et al., 2014).

Las bacterias fotosintéticas trabajan en medios anaerobios y se alimentan por excreciones de bacterias anaerobias (levaduras), cuando pasan a medios aeróbicos dejan su trabajo para ser mantenidas con las secreciones del resto de los EM, que viven en condiciones aeróbicas (Margulis et al., 2014).

2.2.6.3. Levaduras: *Saccharomyces cerevisiae*

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* ha sido ampliamente estudiado, dada su importancia en la industria panadera y vitivinícola, así como por su capacidad de producir etanol. Estos microorganismos deben de estar a una temperatura de 28.5 °C, porque a mayores temperaturas disminuye el rendimiento (InfoAgro, 2010). Las secreciones que producen son alimentos para las bacterias ácido lácticas. En la agricultura son precursoras de sustratos orgánicos que son aprovechados por las raíces (Margulis et al., 2014).

2.3. Marco conceptual

Las siguientes definiciones deben tomarse como elementos conceptuales para la interpretación del documento escrito.

Coliformes termotolerantes: Este parámetro está presente en concentraciones muy grandes en las heces humanas y animales, La especie más predominante en el grupo de Coliformes fecal es el *Escherichia coli* (MINAM, 2010).

Canal de maduración: Cuando las aguas residuales son descargadas en un canal de maduración tiene un proceso de autodepuración o estabilización natural, ocurriendo un fenómeno tipo físico, químico y biológico, todo este proceso se encarga de depurar la alta carga orgánica (Sumatsu Guillermo, 1997).

Demanda Biológico de Oxígeno (DBO₅): La DBO₅ mide la cantidad de oxígeno que usan las bacterias cuando consumen materia orgánica de una muestra de agua por un periodo de 5 días a una temperatura de 68 °F bajo condiciones aeróbicas (MINAM, 2010).

Efluentes: Aguas negras tratadas o no tratadas que fluyen desde un proceso hasta el medio ambiente (ANA, 2017) .

Geomembrana: La geomembrana es una lámina geosintéticas que aseguran la estanquidad de una superficie, frecuentemente es utilizado para remediación en las pérdidas de agua por infiltración para evitar la contaminación de suelo por un contaminante (Borda, 2000) .

Límites máximos permisibles: Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al

ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente (MINAM, 2010).

Microorganismos eficientes (EM): Los Microorganismos son una tecnología conformada por 3 especies diferentes: bacterias fototróficas o fotosintéticas, bacterias ácido lácticas y levaduras. Estos microorganismos son utilizados en medicina y en la producción de alimentos desde la antigüedad, siendo muy beneficiosos para los suelos, agua, plantas, animales y, por supuesto, para el ser humano (T Higa, 2001).

Materia orgánica: Es función de concentraciones de DBO₅, tiene un variación en temporadas secas, húmedas y caudal que determina la concentración de materia orgánica.(Huayta & Alfredo, 2011)

Melaza: La melaza es una mezcla compleja que contiene sacarosa, azúcar invertido, sales y otros compuestos solubles en álcali que normalmente están presentes en el jugo de caña localizados, así como los formados durante el proceso de manufactura de azúcar (Rashed & Massoud, 2015) .

Sistema aerobio: Es un tipo de vía energética que implica la utilización de oxígeno para el crecimiento y sobrevivencia del microorganismo (Rodriges Jenny, 2011).

Sólidos suspendidos totales: Fracción de SST retenido sobre un filtro con un tamaño de poro específico medido después de que ha sido secado a una temperatura específica (MINAM, 2010).

Tanque séptico: Es un tratamiento preliminar para zonas rurales o peri urbano (Rosales Escalante, 2005).

Tiempo de retención: Tiempo total que el agua demora en movilizarse por todo el sistema hasta su descarga en el cuerpo receptor (CONAGUA, 2015).

2.4. Marco legal

- **Ley general del ambiente N° 28611**

La ley general del ambiente menciona que está prohibido la descarga de sustancias contaminantes, sin previo tratamiento, a fin de evitar la contaminación de los ecosistemas o la alteración de la calidad del ambiente; a su vez, esta ley menciona que el ser humano tiene el derecho de vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado; por eso el estado peruano tiene la función de prevenir y poner medidas de seguridad. (MINAM, 2005).

- **Ley de recursos hídricos N° 29338**

Según la Autoridad Nacional del Agua, se refiere al vertimiento del agua residual y uso del agua (ANA, 2009).

- **Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS-20000 sección II título E “Tratamiento de aguas residuales”, Capítulo E.3**

La norma RAS 2000 fue establecida por el ministerio de desarrollo económico y Dirección de agua potable y Saneamiento Básico de la republica de colombiana, el cual posee tiene 7 títulos, de los cuales el Título E “Tratamiento de aguas residuales” es el tema de interés, este capítulo constituye Cap. E.3 el cual establece los procedimientos y criterios básicos para la construcción del sistema de tratamiento de agua residual, como el tanque séptico (Republica de Colombia Ministerio de Desarrollo Economico, 2000).

- **Norma OS-090 planta de tratamiento de aguas residuales**

Esta norma fue aprobada por el D.S N° 011-2006-VIVIENDA y modificada por el D.S N°022-2009-VIVIENDA y tiene el objetivo de hacer seguimiento al desarrollo de los proyectos de tratamientos de agua residual (OS.090, 2006).

- **D.S N° 003-2010-MINAM: Límites Máximos Permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de agua residuales domésticas o municipales (PTAR)**

El objetivo principal del decreto es medir el grado de contaminación de los efluentes de una PTAR (MINAM, 2010).

- **R.M N° 273-2013-VIVIENDA Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - PTAR**

Su aplicación favorece “al cumplimiento de las normas ambientales y la protección de los ecosistemas acuáticos. El Protocolo de Monitoreo presenta procedimientos y metodologías que deben cumplirse en la ejecución de los Programas de Monitoreo” (MINAM, 2013).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1. Descripción del lugar de ejecución

La construcción del tanque séptico, sistema aerobio y el tratamiento con los EM, se realizó en la Residencia del personal ubicada en el campus de la Universidad Peruana Unión Filial Juliaca, carretera Arequipa Km 6 Villa Chullunquiari, del distrito de Juliaca, provincia de San Román, departamento de Puno, así como indica la figura 3, y se ejecutó durante 3 meses bajo condiciones no controladas; a continuación, en la tabla 3, se presentan las coordenadas geográficas.

Tabla 3.

Ubicación geográfica del área de investigación.

Lugar	Coordenada Geográficas UTM		
	Este	Norte	Altitud
Lugar de ejecución	373169	8284153	3841 m

Sistema geodésico mundial WGS84, zona 19 S

Fuente: Elaboración propia (2018)



Figura 3. Ubicación del lugar de ejecución
Fuente. Elaboración propia (2018)

Los análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), sólidos suspendidos totales (SST), Coliformes termotolerantes (CTT), pH y temperatura) se realizaron en el laboratorio B&C S.A.C “Laboratorio de ensayos Químicos y Microbiológicos”, ubicado en el Jr. Almagro N°1135 de la ciudad de Juliaca, provincia de San Román, departamento de Puno.

3.2. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo experimental, porque se relaciona la eficiencia de la variable independiente (Volúmenes de microorganismos eficientes), en la presencia de las aguas residuales domésticas de la residencia del personal del campus de la Universidad Peruana Unión Filial Juliaca, sobre la variable dependiente (Remoción de materia orgánica).

3.3. Variable de estudio

- Variable Independiente: Volúmenes de microorganismos eficientes
- Variable Dependiente: Remoción de materia orgánica

3.4. Desarrollo del proyecto de investigación

3.4.1. Materiales

En la tabla 4 se mencionan los materiales que se utilizaron para la construcción del tanque séptico y sistema aerobio (bandejas de aireación y canal de maduración). Asimismo, en la tabla 5 se nombran los materiales de campo, insumos, equipos, laboratorio y formatos.

Tabla 4.

Materiales de construcción

Tanque séptico	Bandejas de aireación	Calentador ecológica	Canal de maduración
<ul style="list-style-type: none">• Pala• Pico• Geomenbrana• Tubo PVC Ø 2''• Tubo PVC de Ø ½''• Codo de PVC de Ø ½''• Cinta métrica• Válvula A esférica rosca HH ½''• Válvula rosca 1/2''• Tubo T PVC de Ø 2''• Reductor de Ø 2'' a ¾''• Reductor de Ø ¾'' a ½''• Plástico de 2.50 m• Madera 1.20 m x 2.50 m• Teflón• Pegamento	<ul style="list-style-type: none">• Broca de 1/8''• Manguera de Ø ½''• Plancha de metal de 4 x 4 cm• Motor de pecera• Electrodo supercito• Máquina de soldar• Válvula rosca de 1/2''• Pintura en spray• Esponja	<ul style="list-style-type: none">• Vidrio 40 x 40 cm• Válvula Ø 1/2''• Manguera• Planchas de madera 60 x 90 m• Botella de 2 L• Clavos 2'' para madera• Pintura en spray• Esponja	<ul style="list-style-type: none">• Pico• Pala• Cinta métrica• Plástico• Tubo de Ø 2''

Fuente: Elaboración propia (2018)

Tabla 5.

Materiales de campo, insumos, equipos, laboratorio y formatos

Materiales de campo	Equipos	Materiales de laboratorio	Insumos	Formatos
<ul style="list-style-type: none"> • Guantes y gorra desechable • Cooler • Bata • Frascos Polietileno 1000 ml • Frascos de Borosilicato 250 ml • Balde • Hoja de campo 	<ul style="list-style-type: none"> • pH-metro portátil PCSTestr 35 series, OAKTON • GPS, Garmin etrex10 • Equipo HANNA de Oxígeno disuelto, HI 9146 	<ul style="list-style-type: none"> • Vasos precipitados de 250 ml • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Microorganismos eficientes EM-1 • Melaza de caña de azúcar • Agua de manantial 	<ul style="list-style-type: none"> • Cadena de custodia • Hoja de campo • Ubicación de punto de monitoreo • Registro de datos de campo

Fuente: Elaboración propia (2018)

3.4.2. Muestro de agua residual para el análisis de los parámetros

El muestreo se realizó de acuerdo a la Resolución ministerial 273-2013-VIVIENDA “Protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales”. Los análisis de los parámetros se realizaron en el laboratorio B&C S.A.C. “Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos”. Los parámetros pH y temperatura, fueron analizados in-situ, con el instrumento pH- metro Portátil PCSTestrTM 35 series, marca OAKTON. En la tabla 6 se indica el muestreo y método de análisis.

Tabla 6.

Muestreo y análisis de los parámetros

Parámetros	Recipiente	Volumen	Muestreo	Método
Coliformes termotolerantes (NMP/1000 ml)	Borosilicato esterilizado	250 mL	No fue sometido a enjuague, la toma de muestra fue directa dejando un espacio de aireación y mezcla de 1/3 del frasco. Luego se procedió a rotular la muestra para ser transportada al laboratorio.	Método de fermentación de tubos múltiples. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA. AWW. WEF. Part. 9221 E. 21th ed. 2005
DBO ₅ (mg/L)	Polietileno esterilizado	1000 mL	La toma de muestra fue de forma directa, con enjuague. Luego se procedió a rotular la muestra para ser transportada al laboratorio. En caso de lagunas de estabilización estas muestras deben ser filtradas previo al muestreo.	Prueba de incubación de 5 días. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales APHA. AWWA. WEF. Part. 5210 B. 21th ed. 2005.
SST (mg/L)	Polietileno esterilizado	1000 mL	La toma de muestra fue de forma directa, con enjuague. Luego se procedió a rotular la muestra para ser transportada al laboratorio.	Gravimétrico. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales APHA. AWWA. WEF. Part. 2540. 21th ed. 2005.

Fuente: Elaboración propia (2018)

3.4.3. Diseño del tanque séptico

El diseño de tanque séptico se realizó utilizando la metodología del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico de Colombia RAS 2000 sección II, capítulo E

para una población de 4 habitantes. El tanque séptico se diseña bajo el criterio de su volumen útil (Ecuación N° 1) a partir de la contribución de aguas residuales por habitante. Los cálculos se presentan en el anexo A.

$$V_u = 1000 + Nc (CT + KL_f) \quad (1)$$

Donde:

- ✓ **Vu**= Volumen útil en litros.
- ✓ **Nc**= Número de contribuyentes beneficiados.
- ✓ **C** = Valor de contribución de agua media.
- ✓ **T**= Valor correspondiente al tiempo de retención de acuerdo a la contribución diaria en litros.
- ✓ **K**=Corresponde a los valores de acumulación de lodos digeridos dependiendo al rango de temperatura ambiental.

Por otro lado, para las dimensiones del tanque séptico se optaron medidas internas mínimas recomendadas por el RAS2000 (Anexo A).

3.4.4. Equipo de bombeo

Para el abastecimiento de agua a las bandejas de aireación, se utilizó una bomba sumergible marca SEBO señalada en la figura 4, el cual cuenta con un caudal de 1200 L/H y presión máxima 1.5 metros, para regular el caudal se puso una válvula de paso en la descarga de la bomba.



Figura 4. Bomba sumergible
Fuente: Foto tomada (2018)

3.4.5. Diseño de bandejas de aireación

El sistema aerobio está conformado por bandejas perforadas con microorganismos eficientes, cada bandeja fue fabricada de “metal” en forma trapezoidal con 121 orificios, los cuales fueron realizados con una broca de 1/8”. Asimismo, se colocó una esponja en la superficie de la primera bandeja a fin de retener microorganismos, ya que, según la investigación realizada por Gómez, Lavayén, Nario, Piquin, & Zotta (2011) estos son mecanismos para proveer un ambiente ideal para el desarrollo de las bacterias cuando están húmedas (ver anexo B).

Por otra parte, el proceso de aireación incrementa el porcentaje de oxígeno disuelto y elimina malos olores y sabores (Cardenas Guzman & Arturo Medina, 2016). La investigación realizada por Calderón Muñoz, Forero Poveda, & Suarez Cerquera (2012) ha demostrado que las bandejas de aireación con microorganismos eficientes, son un herramienta innovadora para bajar los índices de contaminación del agua residual doméstica, ya que esta alternativa muestra efectividad para la remoción del DBO_5 en un rango de 35% a 65% , del DQO en un rango de 27% al 47% y para los SST en un rango de 31% al 65%.

- **Calefactor solar**

Los EM fueron insertados en un calefactor solar, a fin de acondicionarlos a una temperatura apropiada, ya que la ciudad de Juliaca según SENAMHI presenta temperaturas mínimas que pueden llegar a -3°C y esto no es adecuado para los microorganismos. El calentador solar como se observada en la figura 5 fue diseñado de acuerdo a SENCICO, el cual está compuesta por una superficie vidria que capta los rayos solares y calienta ($18-20^{\circ}\text{C}$) las partículas de aire el cual circula por convección y se introduce en la caja durante 8 a 12 horas. Rodríguez, Quintana, Solís, Barceló, & Gordon (1999) realizaron una investigación donde se diseñó una incubadora de microorganismos conformado por un colector solar y un almacenamiento interno a fin de favorecer el desarrollo de microorganismos degradadores, el cual obtuvo buenos resultados.



Figura 5. Calefactor solar
Fuente: Elaboración propia (2018)

3.4.6. Diseño del canal de maduración

El canal de maduración consistió en realizar una excavación en forma trapezoidal y cubrirla con plástico; donde el agua proveniente de las bandejas de aireación cae a chorro (Anexo B). Este diseño se realizó de acuerdo con la investigación de la Corporación autonoma regional de

nariño (2006), en Colombia para el tratamiento de aguas residuales industriales de trapiches paneleros donde utilizaron diferentes unidades, entre ellos está el canal de maduración y los microorganismos eficientes para la remoción de materia orgánica, obteniendo un 91% de remoción de DBO₅ y 97% de Sólidos totales.

Por otro lado, el canal de maduración tiene una función muy similar a la laguna de maduración, según CONAGUA (2015); esta última tiene la función de remover microorganismos patógenos como los Coliformes fecales.

3.4.7. Activación de “Microorganismos Eficientes”

La activación de EM-1 agua se llevó a cabo utilizando 1L de EM-1, 1L de melaza y 18 L agua sin cloro, posteriormente se mezclaron 1L melaza con 1L ml agua sin cloro, finalmente en un recipiente se vertió 18 L de agua sin cloro, la mezcla de melaza y agua y 1L ml de EM-1, se dejó fermentar durante 7 días, los 3 primeros días se colocó a una temperatura entre 25-40°C y en adelante se fue disminuyendo hasta llegar a la temperatura ambiente (OISCA, 2009).

3.4.8. Forma de aplicación de los EM

Los diferentes volúmenes de EM fueron administradas mediante el calefactor solar, de tal forma que los microorganismos tengan la temperatura adecuada y pasar por las bandejas de aireación. Se colocaron diferentes volúmenes de EM, para llegar a la dosificación de mejor comportamiento. El manual técnico de microorganismos eficientes explica que se debe emplear 1L EM-1 para cada 1 m³ de agua residual; por tanto, se evaluaron las siguientes dosis de microorganismos señaladas en la figura 6. Cabe mencionar que al inicio de cada tratamiento se realizó una limpieza general del sistema aerobio.

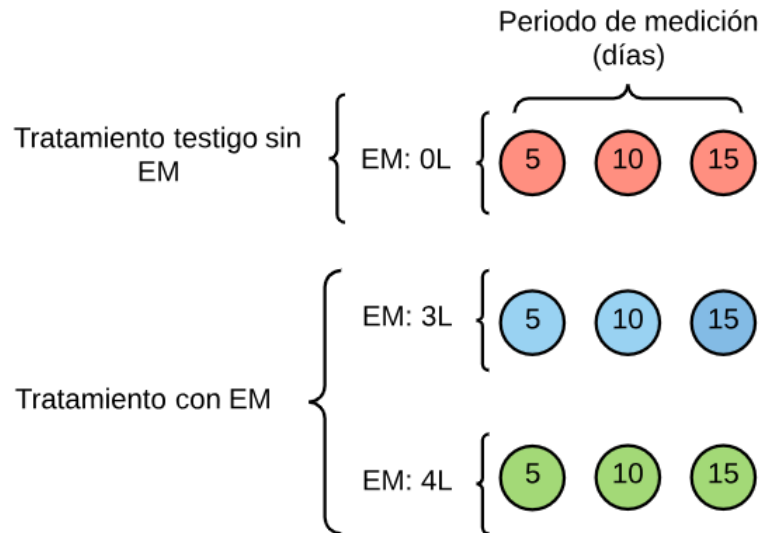


Figura 6. Forma de aplicación de EM
Fuente. Elaboración propia (2018)

3.4.9. Determinación de la capacidad de remoción

Con la ecuación 2 se determinó la eficiencia de remoción de los parámetros DBO_5 , coliformes termotolerantes y sólidos suspendidos totales (Chuchón Martínez & Aybar Escobar, 2008).

$$\% \text{ Eficiencia} = \frac{(\text{Concentración inicial} - \text{Concentración final})}{(\text{Concentración inicial})} * 100 \quad (2)$$

3.4.10. Sistema del tratamiento de ARD

El sistema de tratamiento (Anexo L) lo conforma el tanque séptico, un equipo de bombeo, las bandejas de aireación, el calefactor solar y el canal de maduración señaladas en la figura 7.

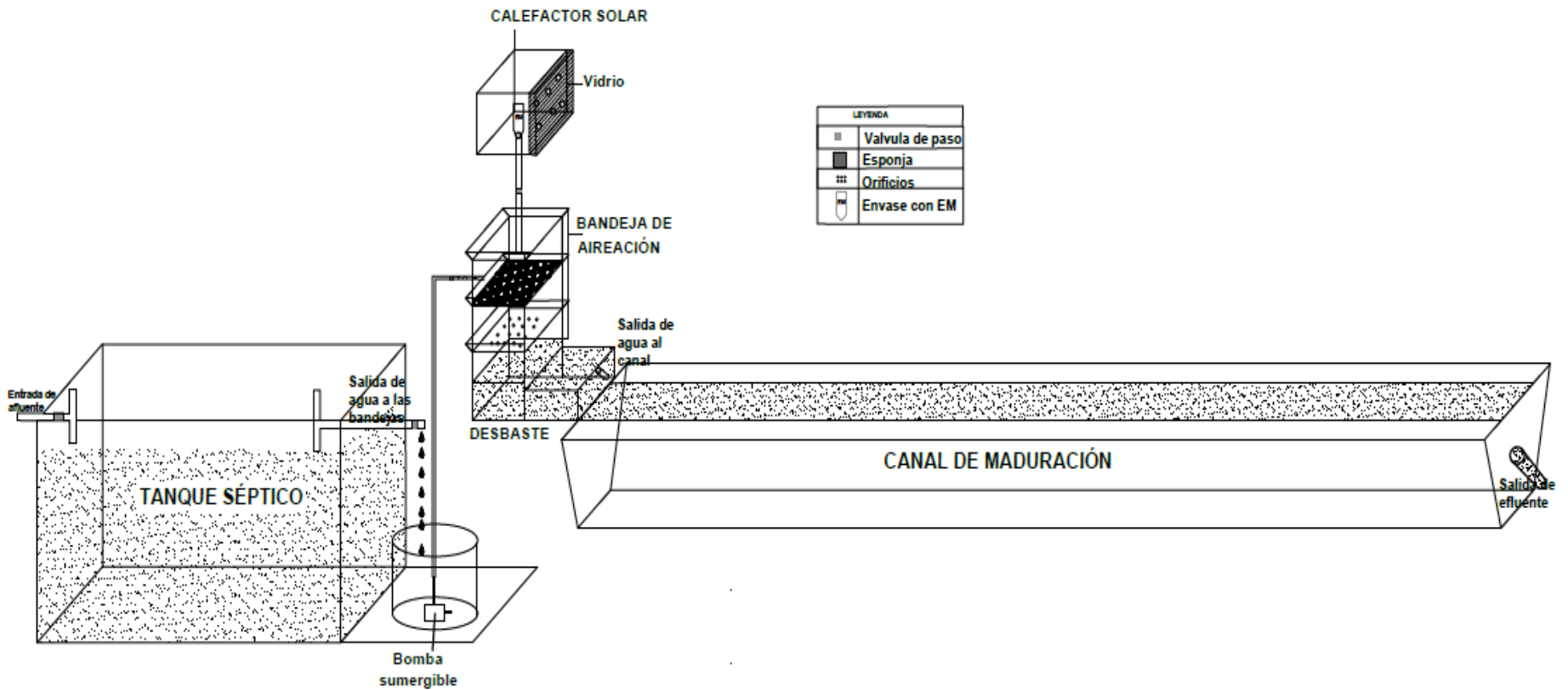


Figura 7. Sistema de tratamiento de agua residual
Fuente. Elaboración propia (2018)

3.5. Flujograma del desarrollo experimental

En la figura 8 se muestra el desarrollo experimental del proyecto de tesis.

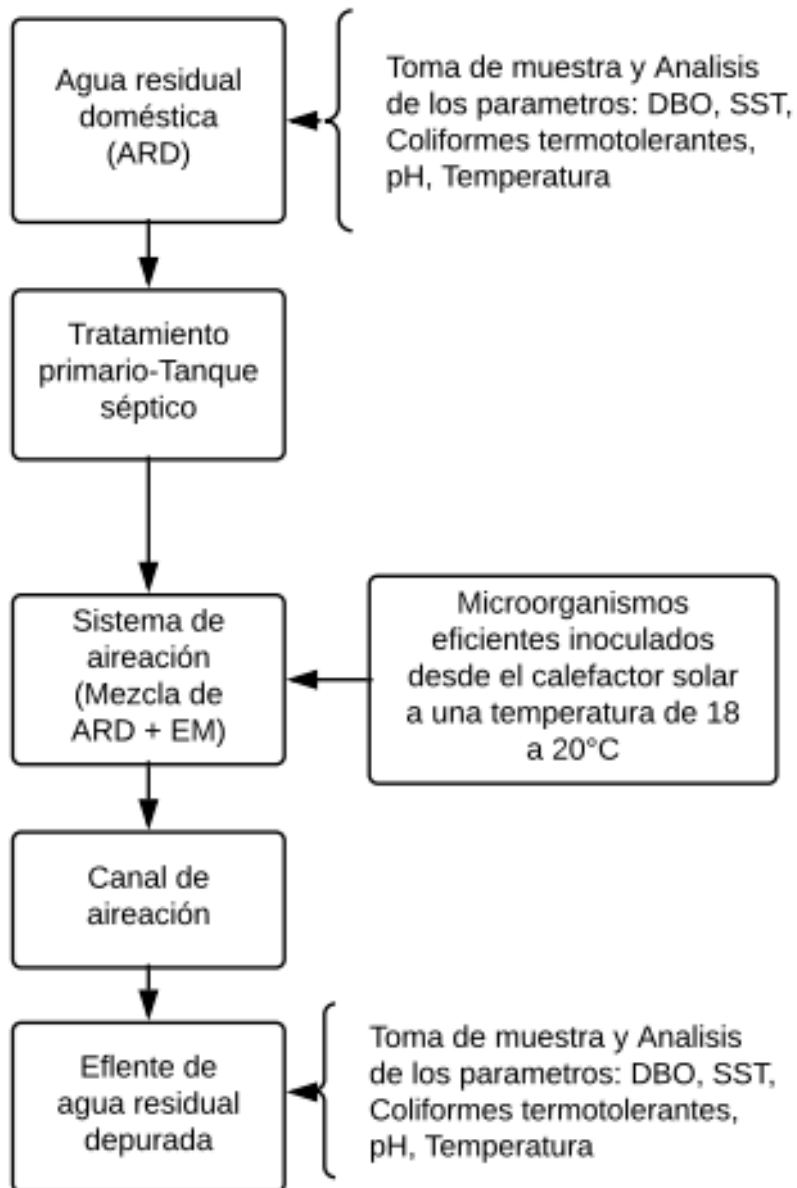


Figura 8. Desarrollo experimental
Fuente. Elaboración propia (2018)

3.6. Análisis de datos

Las características de esta investigación responden a un diseño de bloques completamente aleatorio (DBCA), porque el experimento tiene tres tratamientos (0, 3, y 4 L) con asignación aleatoria, cada tratamiento tuvo tres mediciones (5,10 y 15 días) a fin de determinar si existe diferencias entre los tratamientos respecto al DBO₅, SST y CTT y determinar si el periodo de evaluación (5,10 y 15 días) influye sobre los parámetros estudiados.

Por otro lado, se aplicó el método de Dunnett y Duncan, para comparar cada tratamiento con el testigo, con la finalidad de seleccionar un tratamiento con mejor desempeño.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Estimación del caudal

Se realizó el aforo del caudal mediante el método volumétrico, a fin de determinar la cantidad de agua vertida al sistema aerobio con EM. La ecuación que se utilizó para determinar el caudal es la siguiente, de acuerdo al manual N° 5 medición de agua del Ministerio de Agricultura y Riego del 2015.

$$Q = \frac{V}{T} \quad (3)$$

Dónde:

Q: Caudal (L/seg)

V: Volumen (Litros)

T: Tiempo (segundos)

Los caudales que se determinaron para el tratamiento de aguas residuales se presentan en la siguiente tabla 7.

Tabla 7.

Caudal promedio

Unidad	Caudal
Caudal del tanque séptico	5.60 m ³ /día
Caudal que ingresa al canal de maduración	2.46 m ³ /día

Fuente. Elaboración propia (2018)

4.2. Tiempo de retención hidráulica

Se determinó en el tiempo de retención hidráulica mediante la siguiente Ecuación (CONAGUA, 2015):

$$t = \frac{V \text{ m}^3}{Q \text{ m}^3/\text{día}} \quad (4)$$

$$RTH = \frac{3.7 \text{ m}^3}{2.46 \text{ m}^3/\text{día}}$$

$$RTH = 2 \text{ día}$$

$$RTH = 36 \text{ horas}$$

Donde:

t = Tiempo de retención hidráulica (días)

V= Volumen total del líquido contenido dentro del canal de maduración (m³)

Q= Gasto de agua (m³/día)

4.3. Resultados de los parámetros antes del tratamiento

En la tabla 8 se muestran los resultados antes del tratamiento, donde se puede observar que las concentraciones del DBO₅ (177 mg/L), SST (208 mg/L) y CTT (6766667 NMP/100 mL) sobrepasan los límites máximos permisibles para efluentes de un PTAR.

Tabla 8.

DBO₅, SST y CTT antes del tratamiento comparados con el DS N°003-2010-MINAM

Parámetros	Unidad	Valor sin tratamiento	LMP DS.N°003-2010- MINAM
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	177	100
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	208	150
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	6766667	10000

Fuente: Elaboración propia (2018)

4.4. Resultados de los parámetros de la investigación

Tabla 9.

Resultados promedios de la DBO₅, SST y CTT antes y después de los tratamientos

Parámetros	T	Resultado inicial	Tratamiento 0 L		Tratamiento 3 L		Tratamiento 4 L		LMP
			Resultado	Remoción (%)	Resultado	Remoción (%)	Resultados	Remoción (%)	
DBO ₅ (mg/L)	5	177	99	44	62	65	58	67	100
	10	177	106	40	63	64	51	71	
	15	177	83	53	53	70	39	78	
SST (mg/L)	5	208	114	45	88	58	74	64	150
	10	208	136	35	96	54	68	67	
	15	208	106	49	81	61	56	73	
CTT (NMP/mL)	5	6.77×10^6	2.13×10^5	96.85	4.533×10^4	99.33	4.333×10^3	99.94	10000
	10	6.77×10^6	8.9×10^4	98.68	7.467×10^3	99.89	2.233×10^3	99.97	
	15	6.77×10^6	8.4×10^4	98.76	2.767×10^3	99.96	1.027×10^3	99.98	

Fuente. Elaboración propia (2018)

4.4.1. Demanda bioquímica de oxígeno

La figura 9 muestra los resultados de cada tratamiento (EM:0 L, EM: 3 L y EM: 4 L) en la remoción de DBO₅ a los 5, 10 y 15 días, donde se puede apreciar que inicialmente este parámetro tuvo una concentración de 177 mg/L; y conforme a los días este valor fue disminuyendo en los diferentes tratamientos. Con respecto a los LMP están por debajo de lo establecido que es 100 mg/L, a excepción del valor 106 mg/L obtenido durante el tratamiento 0 L de EM.

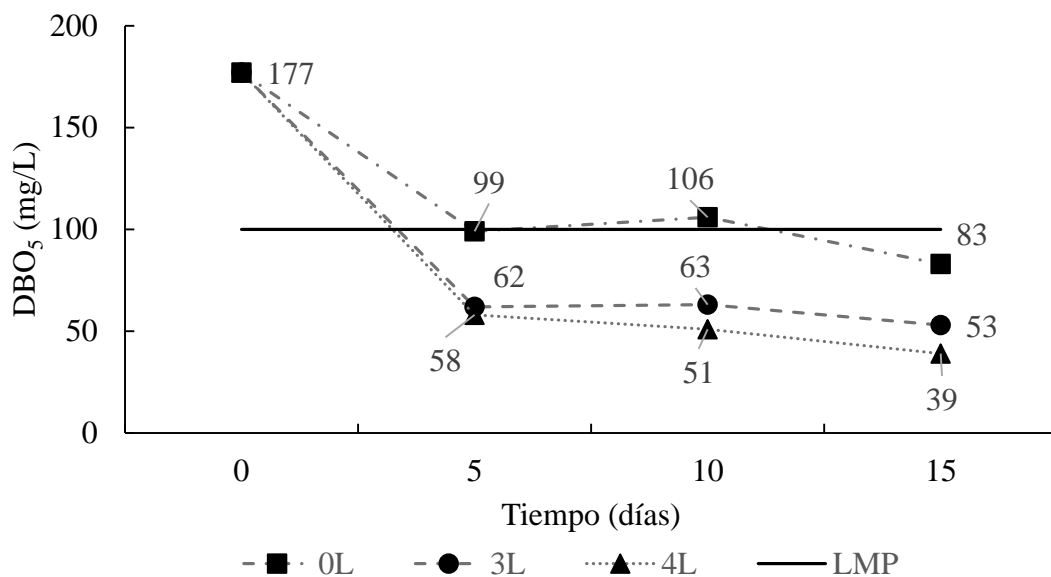


Figura 9. Comportamiento de la DBO₅ con diferentes tratamientos y los LMP
Fuente: Elaboración propia (2018)

En la figura 9 el tratamiento con 0 L de EM a los 5 días de operación disminuyó a 99 mg/L, logrando una eficiencia de remoción de 44%; sin embargo, a los 10 días aumento a 106 mg/L teniendo una eficiencia de 40%, mientras que a los 15 días disminuye a 83 mg/L, obteniendo una eficiencia de 53%. El incremento del DBO₅ en el día 10 se debe a un error en el muestreo, ya que el efluente presentaba algas que durante el muestreo no se filtró, porque en caso de lagunas de estabilización se recomienda filtrar las muestras de los efluentes para eliminar la interferencia de algas (MINAM, 2013).

Por otro lado, el tratamiento con 3 L de EM demostró que a los 5 días de operación redujo a 62 mg/L de DBO₅, logrando una eficiencia de 65%, pero al día 10 se observó un ligero aumento a 63 mg/L, obteniendo una eficiencia de 64%, mientras que al día 15 disminuyó a 53 mg/L alcanzando una remoción de 70 %. El resultado de DBO₅ al día 10 no disminuyó, porque durante ese periodo se presencié fallas con el fluido eléctrico; por ende, no existió un caudal constante

del AR en el sistema aerobio, lo que originó la falta de oxígeno para los microorganismos necesario para remover la DBO₅, ya que los procesos aerobios en las bandejas de aireación y canal aireación son fundamentales, porque, según Ortiz (en Vargas Navas & Turca Ceballos, 2006) a medida que el agua sea aireada durante 6 a 10 horas, en presencia de un cultivo biológico (EM), la cantidad de microorganismos aumentan y de forma directa disminuye las cargas de DBO₅.

El tratamiento con 4 L de EM redujo mayor cantidad de DBO₅ pues a los 5 días este parámetro disminuyó a 58 mg/L, logrando una eficiencia de remoción de 67%, a los 10 días disminuyó a 51 mg/L, obteniendo una eficiencia de 71% y de la misma forma a los 15 días bajo a 39 mg/L, consiguiendo una eficiencia de 78%. Esta reducción se debe a la degradación biológica realizada y el sistema aerobio. Estos resultados concuerdan con lo planteado con Calderón Muñoz et al. (2012), donde explica que el diseño de las bandejas de aireación potencializado con microorganismo eficientes “muestra que para DBO₅, la efectividad está en un rango del 35% al 64%” (p.33). Por otro lado, el sistema aerobio con EM durante 15 días demostró una mayor remoción, puesto que otras investigaciones (Agreda Montalico, 2015) obtuvieron resultados considerados hasta los 90 días. Esto se debe a que existe diferentes factores y condiciones, así como las técnicas de tratamiento, metodología, las condiciones ambientes que interfieren en los tratamientos.

De la misma forma en la figura 10, la prueba de Dunnet (Anexo N° E) explica que los tratamientos T1:3 L y T2: 4 L son significativamente diferentes y superiores que el tratamiento testigo ($p < 0.05$ prueba t de Dunnett); además la prueba de Duncan (Anexo N° E) explican que los tratamientos reportan dos grupos; el primero formado solamente por el testigo y el segundo

formado por el tratamiento T1:3 L y T2: 4 L que reportan los más altos promedios de DBO₅ ($p < 0.05$, Prueba Duncan) la letra “a” en los tratamientos T1 y T2 indican que tienen mayores promedios de DBO₅, y la letra “b” en el testigo representa que es más bajo que “a” y significativamente diferente a los promedios que poseen “a”, lo que significa que existe mayor remoción de DBO₅ con los tratamiento de EM. Es decir, existe una reducción de DBO₅ principalmente en los tratamientos 3 y 4 L, se infiere que a medida se coloque mayor cantidad de EM mejor es la reducción de materia orgánica.

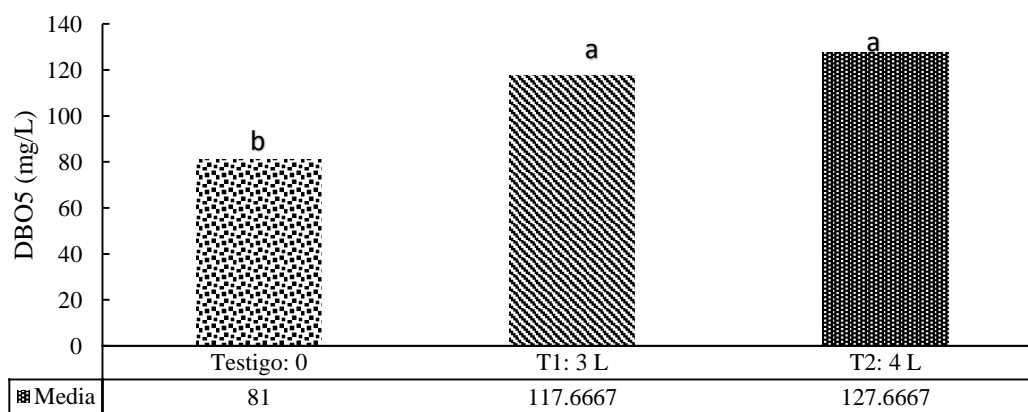


Figura 10. Remoción DBO₅ por microorganismos eficientes en el sistema aerobio
 Nota. Letras iguales indican diferencias no significativas (prueba Duncan) y (prueba Dunnet)
 Fuente. Software estadístico SPSS V.15

Al mismo tiempo en la tabla 10, los resultados de ANOVA, para la demanda bioquímica de oxígeno, explican que existe diferencia significativa ($p = 0.025 < 0.05$, prueba ANOVA) entre los periodos de evaluación (cada 5 días). Es decir, el periodo de evaluación influye en la reducción de DBO₅. Además, al menos uno de los tratamientos reporta un promedio de DBO₅ significativamente diferente que los demás ($p = 0.001 < 0.05$, prueba ANOVA), después de separar la fuente de variación días o periodo de evaluación. Por otro lado, el coeficiente de

variabilidad (CV: 4.2%) en la investigación se encuentra dentro del rango aceptable (Instituto Nacional de Estadística, 2016).

Tabla 10.

Prueba de ANOVA para demanda bioquímica de oxígeno

Fuente	Suma de cuadrados, SC	Grados de libertad, gl	Media cuadrática, MC	Fc	Significación (P)
Periodo de evaluación cada 5 días	440.222	2	220.111	10.594	.025
Tratamiento	3622.222	2	1811.111	87.166	.001
Error	83.111	4	20.778		
Total corregida	4145.556	8			

Fuente. Software estadístico SPSS V.15
CV= 4.2 %

4.4.2. Sólidos suspendidos Totales

En la figura 11 se observa los resultados de cada tratamiento a los 5, 10 y 15 días. Además, se muestra que inicialmente el valor de los SST fue 208 mg/L y conforme a los días este valor fue reduciendo en los diferentes tratamientos. Asimismo, todos los resultados de SST cumplen con el LMP, ya que este valor está por debajo de los 150 mg/L.

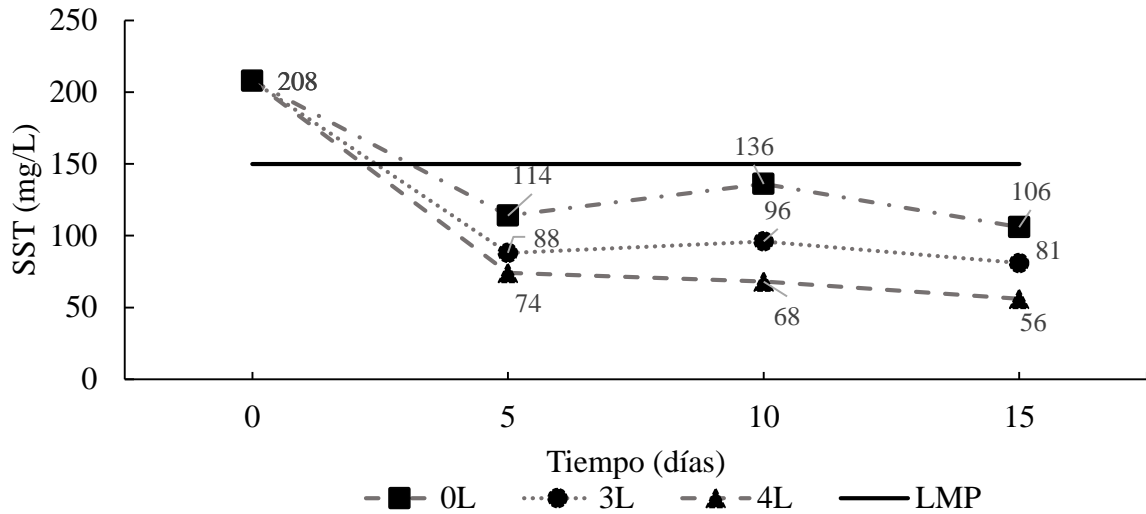


Figura 11. Comportamiento de SST con diferentes tratamientos y LMP
 Fuente: Elaboración propia (2018)

El tratamiento con 0 L de EM a los 5 días disminuyó 114 mg/L de SST consiguiendo un eficiencia de remoción de 45%; pero al día 10 su valor incrementa a 136 mg/L obteniendo una eficiencia de 35%, mientras que al día 15 disminuye a 106 mg/L, logrando una eficiencia de 49% ; esta diferencia se debe a que al día 10 se observó gran cantidad de algas en el canal de maduración, y según el guía de operación y mantenimiento de lagunas de oxidación en PTAR; estas algas pueden causar valores altos en el parámetro de sólidos suspendidos; además las precipitaciones registradas durante esos días (Anexo K) han aumentado los niveles de turbidez en el AR. Por otra parte, la disminución de los SST se da por los procesos físicos; por ejemplo, la sedimentación por gravedad presente en el tanque séptico y canal de maduración.

Asimismo, el tratamiento con 3 L de EM a los 5 días disminuyó a 88 mg/L de SST, alcanzando una eficiencia de remoción de 58%, a los 10 días aumento a 96 mg/L, obteniendo una eficiencia de 54%, mientras que a los 15 días disminuyo a 81 mg/L, logrando una eficiencia de 62%. Se puede observar al día 10 los valores del SST incrementa, esto es causa del aumento

de turbidez por las precipitaciones registradas durante este periodo (Anexo C) y por la presencia de algas en el canal de maduración, además en ese periodo hubo fallas con respecto al fluido eléctrico, lo que afectó al funcionamiento de las bandejas de aireación. Por otro lado, la remoción de SST con EM demostró una eficiencia favorable, y concuerda con Agreda Montalico (2015), quien obtuvo una remoción de los SST a 78.3 mg/L con aplicación EM en ARD.

Los resultados del tratamiento con 4 L de EM demuestran mayor remoción de SST; por ejemplo, a los 5 días se redujo a 74 mg/L, logrando una eficiencia de remoción de 64%; a los 10 días disminuyó a 68 mg/L, consiguiendo una eficiencia de 67%; a los 15 días disminuyó a 56 mg/L, alcanzando una eficiencia de 73%. Estos resultados son por la degradación biológica realizada por EM y el sistema aerobio; además, el tratamiento demostró una eficiencia de 73% durante 15 días; esto se debe a la metodología aplicada, porque en otras investigaciones de García Castro & Robles García (2018) y Valdez Pino (2016) no obtuvieron los mismos resultados.

En la figura 12, la prueba Dunnett (Anexos E) indica que los tratamientos son significativamente diferentes y superiores que el tratamiento testigo ($p < 0.05$ prueba t de Dunnett). Algo similar la prueba de Duncan (Anexos E), donde los promedios reportan tres grupos diferentes donde el tratamiento T 3: 4 L es significativamente diferente y superior a los demás ($p < 0.05$ prueba Duncan). Por otro lado, la letra “a” indica que existe mayor promedio, la letra “b” significa menor promedio y la letra “c” demuestra un promedio mucho más bajo. Es decir, existe mayor reducción de SST en los tratamientos 3 y 4 L. Esta eficiencia se debe a la degradación biológica (materia orgánica) realizada por los EM y a los procesos físicos como la sedimentación que se da en el tratamiento preliminar (Tanque séptico) donde se sedimenta materia orgánica y algunas sales inorgánicas.

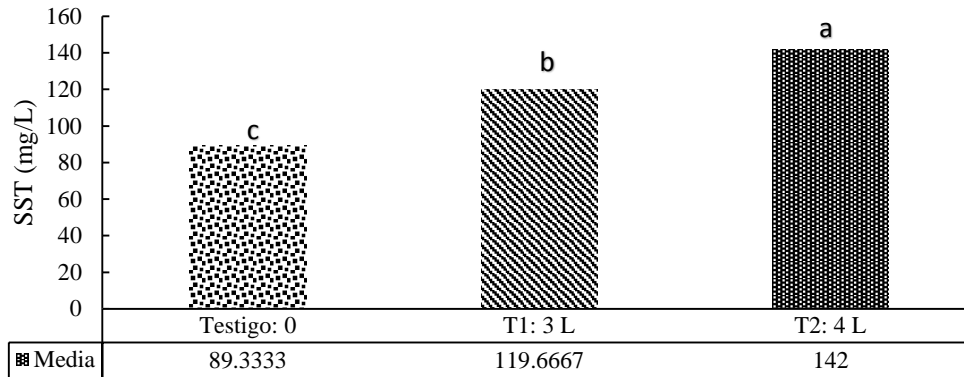


Figura 12. Remoción de SST por microorganismos eficientes en el sistema aerobio
 Nota. Letras iguales indican diferencias no significativas (prueba Duncan) y (prueba Dunnet)
 Fuente. Elaboración propia (2018)

Asimismo, los resultados de los sólidos suspendidos totales analizados en ANOVA (Tabla 11), demostraron que no existe diferencia significativa ($p=0.081>0.05$, prueba ANOVA) entre los periodos de evaluación (cada 5 días). En otras palabras, el periodo de evaluación no influye en la remoción de SST. Además, al menos uno de los tratamientos reporta un promedio de Sólidos suspendidos totales significativamente diferente que los demás ($p=0.001<0.05$, prueba ANOVA), después de separar la fuente de variación días o periodo de evaluación. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad (CV: 6.3%) en la investigación se encuentra dentro del rango aceptable (Instituto Nacional de Estadística, 2016).

Tabla 11.

Prueba de ANOVA para sólidos suspendidos totales

Fuente	Suma de cuadrados, SC	Grados de libertad, gl	Media cuadrática, MC	Fc	Significación (P)
Periodo de evaluación cada 5 días	546.000	2	273.000	5.025	.081ns
Tratamiento	4192.667	2	2096.333	38.583	.002*
Error	217.333	4	54.333		
Total corregida	4956.000	8			

Fuente. Software estadístico SPSS V.15

CV= 6.3%

4.4.3. Coliformes termotolerantes

En la tabla 13 se aprecia los resultados de cada tratamiento a los 5, 10 y 15 días de operación para la remoción de CTT. Además, el valor inicial de los CTT fue 6.77×10^6 NMP/1000 mg/L y con respecto al tiempo este valor fue disminuyendo en los diferentes tratamientos. Los resultados del tratamiento sin EM, no cumplen con los LMP y con respecto al tratamiento con 3 L de EM solo las mediciones a los 10 y 15 días cumplen con los LMP, y el tratamiento con 4 L de EM durante las 3 mediciones cumple con los LMP.

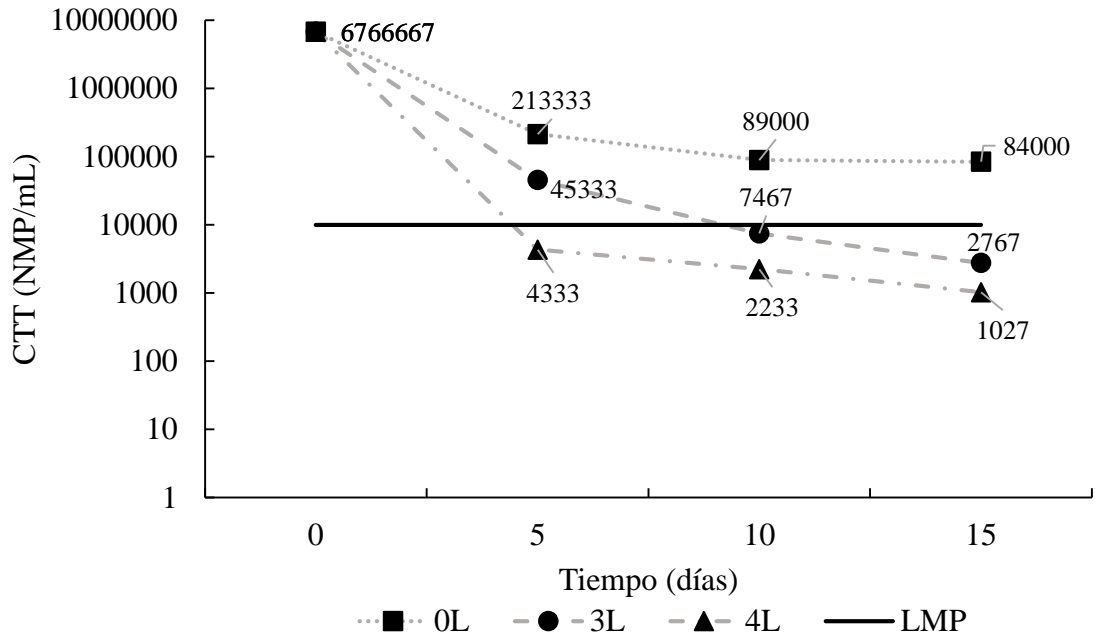


Figura 13 . Comportamiento de CTT con diferentes tratamientos y LMP
Fuente: Elaboración propia (2018)

El tratamiento con 0 L de EM a los 5 días se redujo a 2.13×10^5 NMP/1000 mL de CTT, logrando una eficiencia de remoción de 96.85%, a los 10 días disminuye a 8.9×10^4 NMP/1000 mL, alcanzando una eficiencia de 98.68%, y de la misma forma a los 15 días disminuye a 8.4×10^4 NMP/1000mL logrando una eficiencia de 98.76%. Se puede observar los CTT tuvieron una considera reducción; este panorama indica que existe factores; por ejemplo, la temperatura es fundamental para el crecimiento de los microorganismos a favor de la degradación de los CTT; además, la profundidad mínima de 0.6 m del canal de maduración hace que las radiaciones ultravioletas ingresen en todo el cuerpo de agua, provocando la muerte de algunas de estas bacterias.

Posteriormente el tratamiento con 3 L de EM presento una reducción de 4.533×10^4 NMP/1000mL a los 5 días, consiguiendo una eficiencia de remoción de 99.33%, mientras que

a los 10 días este parámetro disminuyó a 7.467×10^3 NMP/1000 mL, alcanzando una eficiencia de 99.89%; a los 15 días disminuyó 2.767×10^3 NMP/1000 mL, logrando una eficiencia de 99.96%. Los resultados demostraron que en la medida que el tiempo de tención se más larga mejor es la remoción, Von Munch (en Nuñez Burga, 2016) recomienda un tiempo de retención máximo de 6 a 7 días para una remoción del 98% a 100% de CTT.

El tratamiento con 4 L de EM a los 5 días obtuvo un valor de 4.333×10^3 NMP/1000mL alcanzando una eficiencia de remoción de 99.94%, a los 10 días disminuyó de 2.233×10^3 NMP/1000mL, obteniendo una eficiencia de 99.97%, de la misma forma a los 15 días redujo a 1.027×10^3 NMP/1000mL, consiguiendo una eficiencia de 99.98%. Este tratamiento muestra que esta tecnología (EM) actúa de forma inmediata sobre la materia orgánica, pues desde los 5 días de operación disminuye los CTT; por tanto, se acepta la teoría establecida por Higa (2001) quien menciona que los EM remueven los CTT y contrastando con la investigaciones realizada por García Castro & Robles García (2018) y Espinoza Zegarra (2017), que menciona en su investigación que los EM eliminan y/o excluyen a los organismos nocivos y generan organismos beneficios que fortalecen al medio ambiente: las enzimas, ácidos orgánicos aminoácidos, hermanos y antioxidantes.

Por otra parte, en la figura 14 se muestran los promedios de cada tratamiento, donde la letra “a” indica un promedio alto, la letra “b” un promedio bajo; es decir, existe mayor reducción de CTT en los tratamientos 3 y 4 L de EM. De la misma forma, la prueba Dunnet (Anexo E) indica que los tratamientos son significativamente diferentes y superiores que el tratamiento testigo ($p < 0.05$ prueba t de Dunnet); asimismo, la prueba Duncan (Anexo E) reporta dos grupos, el primero formado solamente por el testigo y el segundo grupo formado por los tratamientos T1:

3 L y T2: 4 L que reportan los más altos promedios de Coliformes termotolerantes ($p < 0.05$, Prueba Duncan).

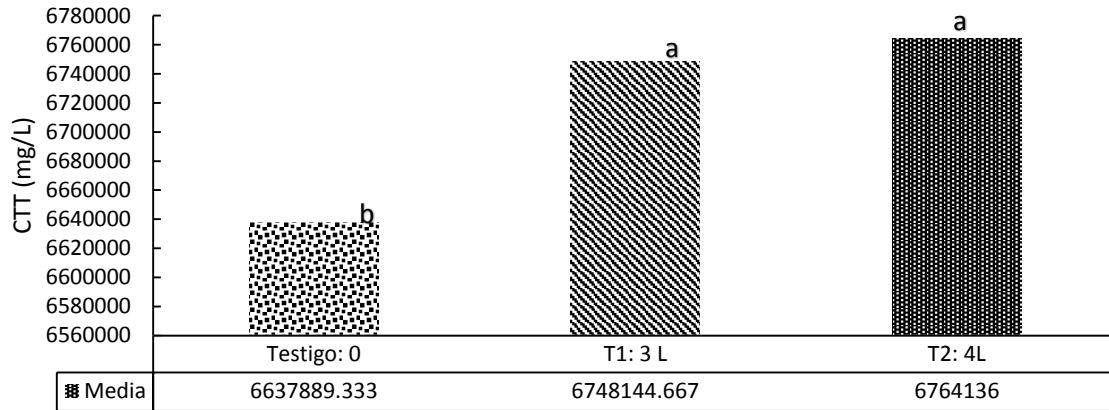


Figura 14. Remoción de CTT por microorganismos eficientes en un sistema aerobio
 Nota. Letras iguales indican diferencias no significativas (prueba Duncan) y (prueba Dunnet)
 Fuente: Elaboración propia (2018)

En la tabla 12 podemos observar que no existe diferencia significativa ($p = 0.209 > 0.05$, prueba ANOVA) entre los periodos de evaluación (cada 5 días). Es decir, no existe influencia del periodo de evaluación frente a la remoción de CTT. Además, al menos uno de los tratamientos reporta un promedio de Coliformes termotolerantes significativamente diferente que los demás ($p = 0.026 < 0.05$, prueba ANOVA), después de separar la fuente de variación días o periodo de evaluación. Por otro lado, el coeficiente de variabilidad (CV: 0.5%) en la investigación se encuentra dentro del rango aceptable (Instituto Nacional de Estadística, 2016).

Tabla 12.

Prueba de ANOVA para Coliformes termotolerantes

Fuente	Suma de cuadrados, SC	Grados de libertad, gl	Media cuadrática, MC	Fc	Significación (P)
Periodo de evaluación cada 5 días	6423321584.667	2	3211660792.334	2.375	.209 ns
Tratamiento	28350182114.667	2	14175091057.334	10.484	.026*
Error	5408445802.667	4	1352111450.667		
Total corregida	40181949502.001	8			

Fuente. Software estadístico SPSS V.15

CV=0.5%

4.4.4. Determinación del pH

El pH fue registrado en cada tratamiento durante los 5, 10 y 15 días bajo condiciones no controladas; a continuación, se presentan los registros de pH con los diferentes volúmenes de EM.

- **Determinación de pH con el tratamiento de 0 L de EM**

La figura 15 muestra que los valores de pH antes y después del tratamiento con 0 L de EM durante el 01/10/2018 hasta el 15/10/2018 están dentro de los LMP. Lazcano Carreño (2014) indica que, por lo general, las aguas naturales (no contaminadas) exhiben un pH en el rango de 5 a 9; por ello es necesario que las aguas residuales se ajusten a los valores de pH indicados a fin de no alterar el sistema de tratamiento. Por otro lado, estos resultados indican que el sistema aerobio (bandejas de aireación y canal de maduración) influyen en el cambio de pH, porque las variaciones y comportamientos del pH son diferentes.

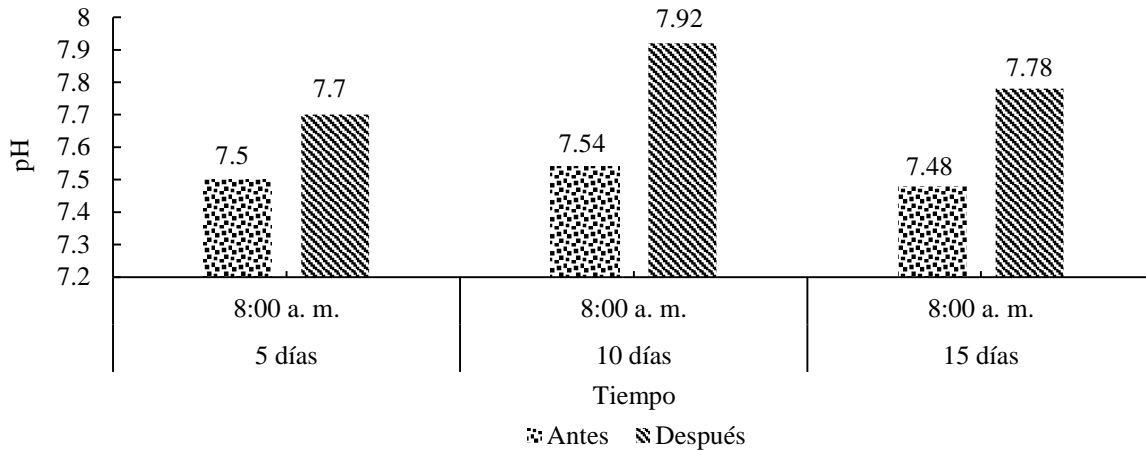


Figura 15. Valores de pH antes y después del tratamiento con 0 L de EM
Fuente: Elaboración propia (2018)

- **Determinación de pH con el tratamiento de 3 L de EM**

En la figura 16 se muestra los valores de pH antes y después del tratamiento con 3 L de EM durante el 19/10/2018 hasta el 02/11/2018, donde se observa que ambas mediciones están dentro de los LMP, estos resultados nos indican que el sistema aerobio con EM influye en el cambio del pH; por cuanto las variaciones y comportamientos en el tratamiento son diferentes. Esto se debe a una mejor actividad microbiana y una mejor biodegradación lo que transcurre a un óptimo pH (Gil Rodríguez 2003).

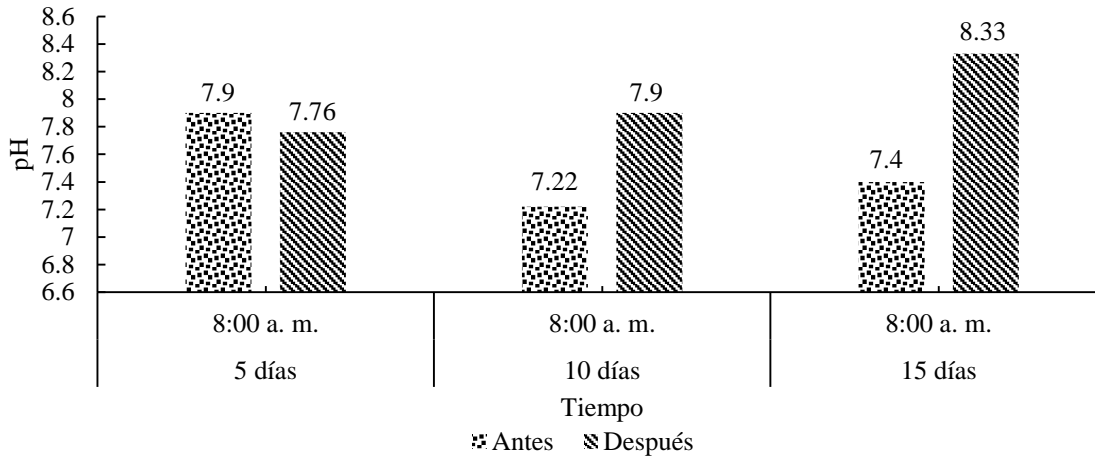


Figura 16. Valores de pH antes y después del tratamiento con 3 L de EM
Fuente: Elaboración propia (2018)

- **Determinación de pH con el tratamiento de 4 L de EM**

La figura 17 muestra los valores del pH antes y después del tratamiento con 4 L de EM, durante 03/11/2018 hasta el 19/11/2018, donde se observa que los resultados después del tratamiento cumplen con los LMP, esto se debe a una mejor actividad microbiana y una mejor biodegradación lo que transcurre a un óptimo pH (Gil Rodríguez 2003). Estos resultados nos indican que el sistema aerobio con EM influye en el cambio del pH, porque las variaciones y comportamientos en el tratamiento son diferentes.

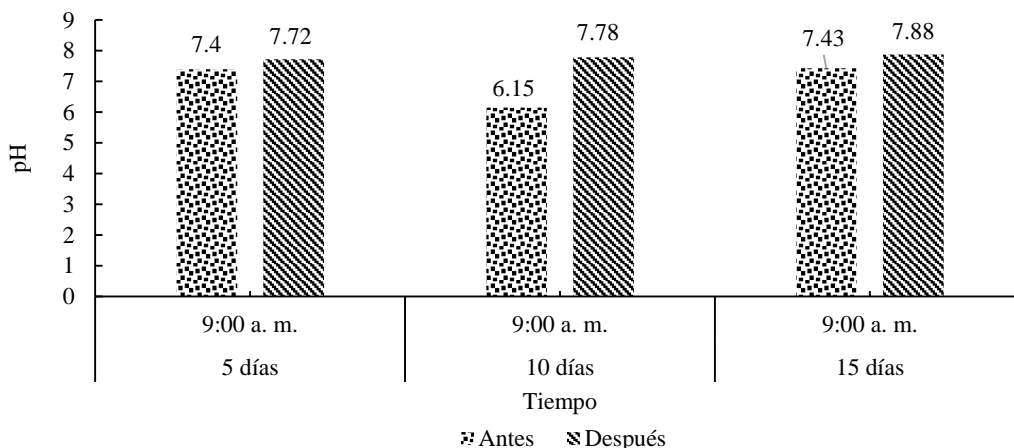


Figura 17. Valores de pH antes y después del tratamiento con 4 L de EM
 Fuente: Elaboración propia (2018)

4.4.5. Determinación de la temperatura

El registro de temperaturas durante los tratamientos fueron durante las mañanas (8:00 am) bajo condiciones no controladas. La tabla 13 muestra los valores de temperatura antes y después de los tratamientos, y se observó que la temperatura máxima es de 17.3 °C y la mínima es de 11.3 °C según Romero (en Nuñez Burga, 2016); para el tratamiento de aguas residuales, los procesos deberían estar en una temperatura de 10-35 °C, por lo que las temperaturas están en un rango apropiado.

Tabla 13.

Registro de temperatura con diferentes tratamientos de EM

Tratamientos	Fecha	Tiempo (días)	Antes	Después
EM: 0L	5/10/2018	5	13.3	14
	10/10/2018	10	13.1	15.1
	15/10/2018	15	13.9	13.6
EM: 3L	23/10/2018	5	15.1	14.1
	28/10/2018	10	13.1	13.3
	2/11/2018	15	14.9	13.5
EM: 4L	7/11/2018	5	17.3	15.4
	12/11/2018	10	15.4	15.8
	18/11/2018	15	11.3	14.0

Fuente: Elaboración propia (2018)

4.9. Determinación de la eficiencia del sistema aerobio con EM

Para evaluar el funcionamiento de cada tratamiento se determinó el porcentaje de eficiencia de los parámetros DBO₅, SST y CTT.

- **Demanda bioquímica de oxígeno**

En la figura 18 se muestra la eficiencia de remoción con respecto al DBO₅, con los diferentes tratamientos de EM. Se ha determinado una eficiencia del 46% para el tratamiento con 0 L de EM, mientras que con 3 L de EM tuvo una eficiencia de remoción del 66% y con 4 L de EM se obtuvo un 72% eficiencia; según Calderón Muñoz et al. (2012), el diseño de las bandejas de

aireación potencializado con microorganismo eficientes “muestra que para DBO_5 , la efectividad está en un rango del 35% al 64%” (p.33).

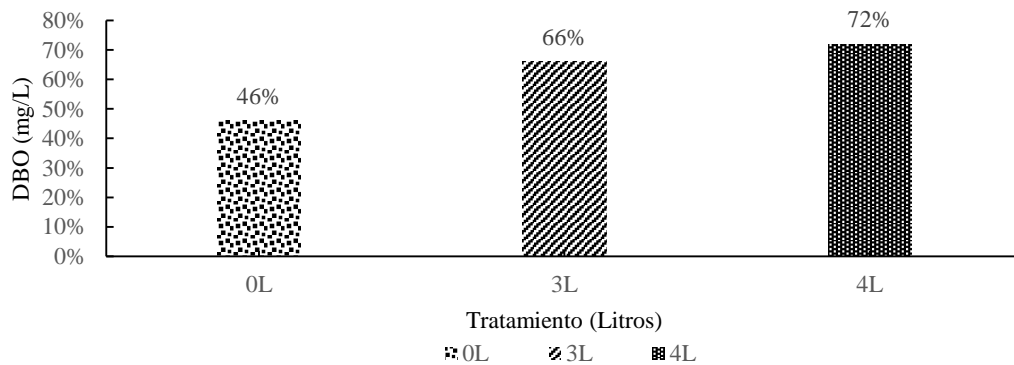


Figura 18. Eficiencia de remoción de la DBO_5 con diferentes tratamientos de EM
Fuente: Elaboración propia (2018)

- **Sólidos suspendidos totales**

La figura 19 muestra la eficiencia de remoción de sólidos suspendidos totales con cada tratamiento de EM, así el tratamiento sin EM obtuvo una eficiencia de remoción de 43%, mientras que el tratamiento con 3 L EM consiguió una eficiencia de 58% y el tratamiento con 4 L de tuvo una eficiencia de 68%. Asimismo, según Calderón Muñoz et al. (2012) demostró que las bandejas de aireación potencializadas con EM muestran una eficiencia de un rango del 31% al 65% para los SST.

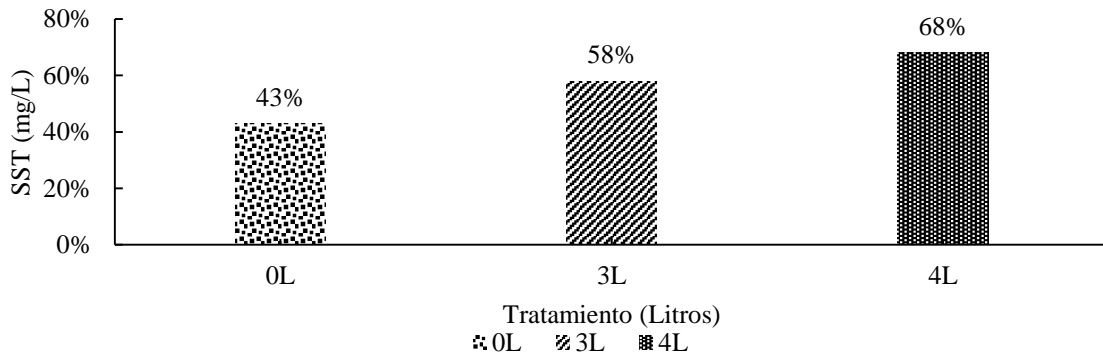


Figura 19. Eficiencia de remoción de la SST con diferentes tratamientos de EM
Fuente: Elaboración propia (2018)

- **Coliformes termotolerantes**

En la figura 20 se muestra la eficiencia de remoción de los Coliformes termotolerantes con cada tratamiento, así tenemos que con 0 L de EM alcanzo una eficiencia de remoción de 98%, con 3 L de EM consiguió una eficiencia de 99.73% de la misma forma, con el tratamiento con 4 L de EM se obtuvo una eficiencia de 99.96%. Canales López & Sevilla Carpio (2016) en su investigación demostró que Coliformes termotolerantes disminuyo de 5×10^6 NMP/mL hasta 210 NMP/mL obteniendo una eficiencia de un 99.99%.

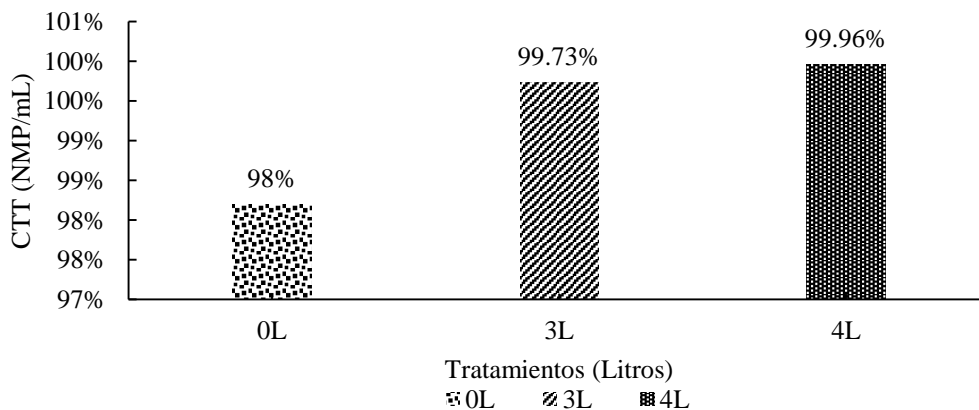


Figura 20. Eficiencia de remoción de CTT con diferentes tratamientos de EM
Fuente: Elaboración propia (2018)

- **Determinación de eficiencia de remoción de los parámetros con los tratamientos**

En la tabla 14 se observa la eficiencia de remoción de cada tratamiento con respecto a los parámetros analizados (DBO, SST y CTT). Así el tratamiento sin EM demostró una remoción de 62%, mientras que el tratamiento con 3L de EM logro una eficiencia de 75% y el tratamiento con 4 L de EM obtuvo una remoción de 80%. Se ha determinado que el sistema aerobio con EM tiene una mayor eficiencia de remoción en los parámetros DBO₅, SST y CTT, además se observó que el tratamiento de 4 L de EM fue el más eficiente.

Tabla 14.

Eficiencia del sistema aerobio con microorganismos eficientes

Parámetros	Eficiencia de los tratamientos (%)		
	0 L	3 L	4 L
DBO ₅	46	66	72
Solidos Suspendidos totales	43	58	68
Coliformes termotolerantes	98	99.73	99.96
Promedio total de eficiencia	62	75	80

Fuente: Elaboración propia (2018)

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se concluye que el sistema aerobio con Microorganismo eficiente demostró una efectiva remoción de materia orgánica, porque en los parámetros DBO₅, SST y CTT disminuyeron. Así el tratamiento de 0 L de EM llegó a obtener 62 % eficiencia de remoción, mientras que el tratamiento de con 3 L de EM alcanzó una eficiencia de 75% y el tratamiento con 4 L de EM alcanzó una eficiencia de 80%; asimismo, los análisis estadísticos demostraron que los tratamientos son significativamente diferentes ($p < 0.05$) respecto al testigo ($p < 0.05$); además el periodo de evaluación (Tiempo) no influye en los parámetros de SST, CTT, pero al DBO₅.
- El tratamiento con 4 L de EM demostró ser la dosis más óptima conforme al tiempo, ya que en los tres parámetros analizados alcanzó una eficiencia de remoción al 80 % superior a los demás tratamientos.
- Los resultados después del tratamiento están por debajo de los límites máximos permisibles para efluentes de PTAR; por tanto, el agua que fue tratada puede ser apta para ser vertida a cualquier cuerpo receptor, ya que inicialmente los índices de contaminación del ARD superaban los LMP.

5.2. Recomendaciones

- Los resultados obtenidos en esta investigación mostraron una eficiente remoción de materia orgánica en la depuración de aguas residuales domésticas, en caso de que se deseara lograr una depuración más completa de DBO₅, SST y CCT se recomienda que se implemente más bandejas de aireación, el flujo eléctrico sea constante, y los orificios de las bandejas sean más pequeñas.
- Para ampliar la investigación es recomendable realizar estudios en épocas de invierno, a fin de observar si el comportamiento del sistema de tratamiento es similar, siendo que estas dos épocas son las más trascendentales en el clima de esta zona.
- Se recomienda determinar los parámetros físico, químicos y microbiológicos en un periodo mayor a los 15 días, ya que los resultados demostraron una mejor eficiencia al pasar de los tiempos.

REFERENCIAS

- Agreda Montalico, K. I. (2015). *Evaluación de la efectividad de microorganismos eficaces en las propiedades físico químicas del agua residual de la planta de tratamiento, a nivel laborotio, Ilo 2014*. Universidad Nacional de Moquegua.
- Agudelo Patiño, J. F., & Alvear Daza, A. E. (2015). *Estudio de la sedimentabilidad de los sólidos presentes en el tratamiento primario del agua residual doméstica de la ciudad de Cali*. Santiago de Cali.
- ANA. Ley de recursos hídricos (2009).
- ANA. (2017). *Clasificación de los cuerpos de agua continentales superficiales*. (M. N. del Ambinete, Ed.). Perú.
- Borda, E. A. R. (2000). *Uso de la Geomembrana, Geotextil como cobertura impermeabilizante el deposito de troxido de arsenico en Malpaso- La Oroya*. Universidad Nacional de Ingenieria. <https://doi.org/10.1007/s00103-010-1194-9>
- Borges, C., Elba, R., Rojas, B., Novelo, M., Roger, I., Rodríguez, O., ... Novelo, R. I. M. (2012). Remoción de materia orgánica en aguas residuales de rastro por el proceso de Contactor Biológico Rotacional. *Ingeniería, 16*(2), 83–91.
- Calderón Muñoz, R. F., Forero Poveda, S. del P., & Suarez Cerquera, A. (2012). Implementación de un diseño piloto de bandejas de aireación para aguas, potencializado con microorganismos eficientes. *Sección Ciencia e Ingeniería, 16*, 23–35. <https://doi.org/0124 2253>
- Camacho, A., Giles, M., Ortegón, A., Palao, M., Serrano, B., & Velázquez, O. (2009). Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y *Escherichia coli* por la técnica de diluciones en tubo múltiple (Número más Probable o NMP). *Agar Papa Dextrosa*, 1–17.
- Campos Gómez, I. (2000). *Saneamiento Ambiental* (Primera ed). Costa Rica: Editorial

Universidad Estatal a distancia. Retrieved from <https://books.google.com.pe/books?id=lsgrGBGlGeMC&printsec=frontcover&dq=Saneamiento+Ambiental+Autor:+Campos+Gómez,&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjczOP-ysXeAhWIS5AKHYs0BXwQ6AEIKDAA#v=onepage&q&f=false>

Canales López, H. O., & Sevilla Carpio, A. A. (2016). *Evaluación del uso de microorganismos eficaces en el tratamiento de efluentes domésticos residuales del distrito de PÁTAPO*. Universidad Nacional “Pedro Ruiz Gallo.”

Cardenas Guzman, A., & Arturo Medina, J. (2016). Planta de tratamiento de agua potable a escala para el laboratorio de hidráulica de la Universidad Santo Tomás.

Cardona Gómez, J., & García Galindo, L. A. (2008). *Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM®) sobre la calidad de un agua residual doméstica*. Pontificia Universidad Javeriana.

Carrión Carrera, G. (2008). *Manual técnico de difusión sistema de tratamiento de aguas residuales para albergues en zonas rurales*. Lima-Perú.

CEPIS. Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques imhoff y lagunas de estabilización (2005). Lima.

Chuchón Martínez, S. A., & Aybar Escobar, C. A. (2008). Evaluacion de la capacidad de remocion de bacterias coliformes fecales y DBO de la planta de tratamiento de aguas residuales “La Totorá”, Ayacucho. *Ecología Aplicada*, 7, 166–171. <https://doi.org/17262216>

CONAGUA. (2015). *Manual de agua potable , alcantarillado y saneamiento diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: lagunas de estabilización*. Mexico. <https://doi.org/10.1021/ol006958g>

Corporación Autonoma Regional de Nariño. (2006). *Sistema de tratamiento de aguas residuales industriales para trapiches paneleros*.

- Enríquez Brito, J. L., Viera Briones, J. L., & Mendoza Garcia, F. (2010). Caracterización preliminar de aislamiento de Microorganismos, mediante la técnica de E . M ., a nivel de comunidades vegetales en dos zonas de vida ecológicamente diferentes. Retrieved from [http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/9017/1/Caracterización preliminar de aislamiento de microorganismos.pdf](http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/9017/1/Caracterización_preliminar_de_aislamiento_de_microorganismos.pdf)
- Espinoza Zegarra, A. E. (2017). *Disminución de la DBO, DQO y STD del agua residual domestica de Santiago de Chuco empleando un biofiltro de piedra pómez*. Retrieved from [http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3547/TESI S Viscosidad %28Bibliotecas UNAM%29.pdf?sequence=2](http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3547/TESI_S_Viscosidad_%28Bibliotecas_UNAM%29.pdf?sequence=2)
- Franco Herrera, A. (2005). *Oceanografía de la ensenada de Gaira : El Rodadero, más que un centro turístico en el Caribe Colombiano* (Primera Ed). Bogota: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- García Castro, Y. C., & Robles García, D. E. (2018). *Determinación de la dosis de microorganismos eficientes para el tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes de la universidad nacional de Ucayali, distrito de Callería, provincia de coronel portillo, Ucayali*.
- Gil Rodríguez, M. (2003). *Cálculos avanzados en procesos de descontaminación de aguas* (Consejo Su). Madrid-España.
- Gómez, D., Lavayén, S., Nario, F., Piquin, A., & Zotta, C. M. (2011). Detección de microorganismos potencialmente patógenos en hogares de Mar del Plata. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 45(3), 441–446.
- Gutiérrez Barba, H. C. (2001). *La ingeniería ambiental en México* (Primera). Mexico: Limusa S.A de C.V. grupo noriega editores balderas 95, Mexico, D.F. Retrieved from [https://books.google.com.pe/books?id=J3yUTSjITd4C&printsec=frontcover&dq=La+ingeniería+ambiental+en+México&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjtu_yGycXeAhUIh5AKHWbMCXAQ6AEIKDAA#v=onepage&q=La ingeniería ambiental en México&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=J3yUTSjITd4C&printsec=frontcover&dq=La+ingeniería+ambiental+en+México&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjtu_yGycXeAhUIh5AKHWbMCXAQ6AEIKDAA#v=onepage&q=La+ingeniería+ambiental+en+México&f=false)
- Gutiérrez, F. (2014). Juliaca quedó inundada con agua de desagües. *Diario La Republica*.

<https://doi.org/10.1192/bjp.205.1.76a>

Hernández Muñoz, A. (2007). *Saneamiento y Alcantarillado Vertidos Residuales*. (Seinor, Ed.). España.

Higa, T. (2001). The technology of effective microorganisms-concept and philosophy. *University of the Ryukyus, Okinawa, Japan*. Retrieved from http://naturefarmingmada.org/img/article/pdf/EM_concept.pdf

Higa, T. (2001). The technology of effective microorganisms-concept and philosophy. *On the Application of Effective Microorganisms (EM) ...*

Higa, T., & Parr, J. F. (1994). Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment. *Agriculture*, (808), 1–16.

Huayta, E., & Alfredo, Á. (2011). *Estudio De Caracterización De Las Aguas Residuales Afluentes Al Sistema De Tratamiento De Puchukollo*. (P. PNUMA-Titicaca, Ed.), *Proyecto* (Vol. 01). La paz .Bolivia.

InfoAgro. (2010). Guía de la Tecnología de EM ®, 36.

Instituto Nacional de Estadística. (2016). Coeficiente de variación y error asociado al estimador Encuesta Nacional de Empleo (ENE). Retrieved from [http://www.ine.cl/docs/default-source/laborales/ene/antecedentes-metodologicos/anexo-estadístico-coeficientes-de-variación-y-error-asociado-al-estimador-encuesta-nacional-de-empleo-\(ene\).pdf?sfvrsn=4](http://www.ine.cl/docs/default-source/laborales/ene/antecedentes-metodologicos/anexo-estadístico-coeficientes-de-variación-y-error-asociado-al-estimador-encuesta-nacional-de-empleo-(ene).pdf?sfvrsn=4)

IS.020. Propuesta de norma is.020 tanques sépticos (2012).

Jíménez Cisneros, B. E. (2011). *La Contaminación Ambiental en México: causas, efecto y tecnologías apropiadas*. (A. . I. de ingeniería d la U. Y. F. Limusa, colegio de Ingenieros Ambientales de Mexico, Ed.). Mexico.

Lazcano Carreño, C. A. (2014). *Biotecnologías ambientales de aguas y aguas residuales*. (F. editorial U. N. M. de S. Marcos, Ed.). Lima-Perú.

- Margulis, L., Bassler, B., Sandín, M., Restrepo, J., Labrador, J., Ruiperez, V., ... Urederra, A. (2014). *Microbiótica*. Madrid-España.
- Mercedes, N., Larrea-murrell, J. A., Rojas-badía, M. M., Romeu-álvarez, B., & Heydrich-pérez, M. R. M. (2012). Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. *CENIC Ciencias Biológicas*, 44(02535688), 12.
- MINAM. Ley general del ambiente, Ministerio del Ambiente § (2005).
- MINAM. Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (2010). Lima-Perú. Retrieved from [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/DE39F6816BB3C53705257DCC00710E6F/\\$FILE/ds_003-2010-minam-LMP.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/DE39F6816BB3C53705257DCC00710E6F/$FILE/ds_003-2010-minam-LMP.pdf)
- MINAM. Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - PTAR (2013). Retrieved from <http://www3.vivienda.gob.pe/direcciones/Documentos/rm-273-2013-vivienda.pdf>
- Mujeriego, R. (1990). *Riego con agua residual municipal regenerada* (Primera). Barcelona: Edicions de la U niversitat Politecnica de Catalunya.
- Muñoz Cruz, A. (2008). *Caracterización y tratamiento de aguas residuales*. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo.
- Nuñez Burga, R. M. (2016). *Tratamiento de aguas residuales domésticas a nivel familiar, con Humedales Artificiales de flujo subsuperficial Horizontal, mediante la especie macrófita emergente Cyperus Papyrus (Papiro)*. Universidad Peruana Unión.
- OEFA. (2014). *OEFA prioriza fiscalización ambiental del manejo de aguas residuales*. Perú-Lima.
- OISCA. (2009). *Manual práctico e uso e EM. Banco Interamericano de Desarrollo como Administrador del Fondo Especial de Japón*. Retrieved from

http://www.emuruguay.org/images/Manual_Practico_Uso_EM_OISCA_BID.pdf

Orozco Barrenetxea, C., Pérez Serrano, A., Gonzáles Delgado, N. R., Rodríguez Vidal, F. A., & Alfayate Blanco, J. M. (2013). *Contaminación ambiental: una visión desde la química*. (S. . Ediciones paraninfo, Ed.). Madrid-España.

OS.090. Plantas de tratamiento de aguas residuales (2006).

Osorio Robles, F., Torres Rojo, J. C., & Sánchez Bas, M. (2010). *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes*. (D. de Santos, Ed.). España.

Pontaza Pivaral, J. M. (2014). *Eficiencia de microorganismo efectivos (EM) aplicados en la planta de tratamiento de aguas residuales San Cristobal (Colonia Panorama), Mexco, Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Retrieved from http://sitios.ingenieria.usac.edu.gt/eris/tesis_eris/is/IS_0262.pdf

Ramirez Martinez, M. A. (2006). *Tecnología de microorganismos efectivos (em) aplicada a la agricultura y medio ambiente sostenible*. Universidad Industrial De Santander.

Rashed, E. M., & Massoud, M. (2015). The effect of effective microorganisms (EM) on EBPR in modified contact stabilization system. *HBRC Journal*, 11(3), 384–392. <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2014.06.011>

Rengifo, H. C. (2012). *Efecto de los microrganismos eficientes, en la calidad de agua del sector polvorayo, Distrito de Mprales, Provincia de SanMartyin*. Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Republica de Colombia Ministerio de Desarrollo Economico. Ras-2000 Título E, República de Colombia Ministerio de Desarrollo Económico Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico § (2000). Bogota. Retrieved from http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_e_pdf

Reyes Mendoza, B. N. (2004). *Estabilización de los lodos sépticos que provienen de una*

comunidad pequeña con microorganismos eficaces. EARTH.

Rodriges Jenny, A. (2011). Tratamiento anaerobio de aguas residuales. *Universidad Del Valle*, (1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/10570319309374463>

Rodríguez, J., Quintana, B., Solís, H., Barceló, I., & Gordon, M. (1999). Incubadora de microorganismos para biorremediación de suelos y tratamiento de agua contaminada. *Universidad Autónoma Metropolitana de Azcapotzalco*.

Rojas, R. (2002). *Conferencia Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales*.

Rosales Escalante, E. (2003). *Conceptos teóricos base y aplicaciones (detalles que se han olvidado o la práctica ha venido tergiversando)*. Costa Rica: Instituto tecnológico de costa rica escuela de ingeniería en construcción Centro de investigaciones en vivienda y construcción.

Rosales Escalante, E. (2005). Tanques sépticos. Conceptos teóricos base y aplicaciones. *Tecnología En Marcha, ISSN 0379-3962, ISSN-e 2215-3241, Vol. 18, Nº. 2, 2005, Págs. 26-33, 18(2), 26–33*. <https://doi.org/10.1038/NCLIMATE2249>

Salgado Bernal, I., Durán Domínguez, C., Cruz Arias, M., Carballo Valdés, M. E., & Martínez Sardiñas, A. (2012). Bacterias rizosféricas con potencialidades fisiológicas para eliminar materia orgánica de aguas residuales. *Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(1), 17–26.

Sánchez, Ó., Herzig, M., Peters, E., Márquez, R., & Luis, Z. (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en Mexico* (Primera). Mexico: Instituto Nacional de Ecología (INE-Semarnat).

Sierra Ramírez, C. A. (2011). *Calidad del agua evaluación y diagnostico* (La U). Medellín-Colombia. Retrieved from <https://es.slideshare.net/vladyvostok/calidad-del-agua-evaluacin-y-diagnostico>

Sumatsu Guillermo, L. (1997). *Lagunas de estabilización_Diseño,construccion,manteniminetto*

y uso del efluente (CEPIS-OPS/). Lima-Perú.

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS). (2015). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento* (Primera). Sunass (Vol. I). Perú-Lima. Retrieved from <http://www.sunass.gob.pe/doc/Publicaciones/ptar.pdf>

Valdez Pino, A. (2016). *Aplicación de microorganismos eficaces (EM) para el tratamiento de las aguas residuales domesticas en la localidad de Chucuito*. Universidad Nacional del Altiplano. Universidad Nacional del Altiplano.

Vargas, B. C. (1996). *III Curso 'Lagunas De Estabilizacion' Teoría, Diseño, Construcción, Operación, Evaluación y Mantenimiento*. Perú-Lima.

Vargas Navas, O. H., & Turca Ceballos, J. (2006). *Comportamiento de la eficiencia de remoción de materia Orgánica en un bioreactor de lecho móvil alimentado con agua residual doméstica, con la variación del volumen del lecho*. Universidad la salle. Universidad la salle.

Vásquez Tarrillo, A. (2017). *Determinación del efecto de los microorganismos eficientes para la remoción del valor de la DBO en las aguas residuales domésticas de la localidad de jepelacio – 2016*. Universidad Nacional De San Martín-Tarapoto.

Villas Boas, R., & Sanchez, M. A. (2006). *Tecnologías limpias en las industrias extractivas minero metalúrgica y petrolera* (Olfa). Santa fe-Bolivia. Retrieved from <https://books.google.com.pe/books?id=0-Lr8UEXLjsC&printsec=frontcover&dq=Tecnologias+limpias+en+las+industrias+extractivas+minero+metalurgica+y+petrolera&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjg7cGTx8XeAhWCEJAKHfk6BqEQ6AEIKDAA#v=onepage&q=Tecnologias limpias en las indus>

WWAP. (2017). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017. Aguas Residuale: el recurso desaprovechado*. Paris.

ANEXOS

Anexo A. Hoja de cálculo para del diseño del tanque séptico

Hoja de cálculo para del diseño del tanque séptico

Tabla 1. *Contribución perca pita*

Predio	Unidad	Contribución de aguas residuales (C) y lodo fresco Lf (L/día)	
Ocupantes permanentes residencia		C	Lf
<i>Clase alta</i>	Persona	160	1
<i>Clase media</i>	Persona	130	1
<i>Clase baja</i>	Persona	100	1

Fuente: tabla E.7.1 Titulo ERAS 2000

- Volumen útil

$$V_u = 1000 + Nc(CT + KL_f)$$

$$V_u = 1000 + 4(130 * 1 + 97 * 1)$$

$$V_u = 1908 \text{ Valor util de pozo septico}$$

Donde:

- ✓ **Vu**= Volumen útil en litro
- ✓ **Nc**= Número de contribuyentes beneficiados, 4 Beneficiarios
- ✓ **C** = Valor de contribución de agua, para este caso es valor correspondiente de clase media, ver tabla 1
- ✓ **T**= Es el valor correspondiente al tiempo de retención de acuerdo a la contribución diaria en litros, la unidad de habitantes de 4 contribuye al valor rango has 1.500, ver tabla 2
- ✓ **K**=Corresponde a los valores de acumulación de lodos digeridos dependiendo al rango de temperatura ambiental se asumió la limpieza del tanque séptico cada 1 año para temperaturas de ≥ 20 °C valor de K de 97, ver tabla 3

Tabla 2
Tiempo de retención

Contribución diaria (L)	Tiempo de Retención	
	Días	Horas
Hasta 1,500	1.00	24
De 1,501 a 3,000	0.92	22
De 3,000 a 4,500	0.83	20
4,501 a 6,000	0.75	18
6,001 a 7,500	0.67	16
7,501 a 9,000	0.58	14
Más de 9,000	0.5	12

Fuente: RAS 2000

Tabla 3.
Intervalo de limpieza (años)

Intervalo de limpieza (años)	Valores de K por intervalo temperatura ambiental (t) en °C		
	T ≤ 10	10 ≤ t ≤ 20	t ≥ 20
1	94	65	57
2	134	105	97
3	174	145	137
4	214	185	177
5	254	225	217

Fuente: RAS 2000

Dimensiones del tanque séptico

La profundidad Útil es obtenida a partir del volumen útil

Tabla 4

Volumen útil

Volumen útil (m ³)	Profundidad útil Mínima (m)	Profundidad útil Máxima (m)
Hasta 6	1.2	2.2
De 6 a 10	1.5	2.5
Más de 10	1.8	2.8

Fuente: RAS 2000

La profundidad útil es de 1.2m, con borde libre 0.3 m

- Área superficial pozo séptico

$$A_{sps} = \frac{\left(\frac{V}{1000}\right)}{\text{Profundidad útil}}$$

$$A_{sps} = \frac{\left(\frac{1908}{1000}\right)}{1.2 \text{ m}}$$

$$A_{sps} = 1.59 \text{ m}^2$$

- Ancho neto

$$A_n = 0.7$$

- Largo Útil

$$L_a = \frac{A_{sps}}{A_n}$$

$$L_a = \frac{1.59}{0.7} = 2.1 \text{ m}$$

Anexo B. Panel fotográfico



Figura 1. Recubrimiento del tanque séptico con Geomembrana



Figura 2. Tanque séptico



Figura 3. Bandejas de aireación



Figura 4. Canal de maduración



Figura 5. Sistema de bombeo



Figura 6. Sistema aerobio con microorganismo eficientes



Figura 7. Melaza y EM-1



Figura 8. Activación de EM con termostato a 30 °C



Figura 9. Inoculación de EM en la esponja



Figura 10. EM en la esponja



Figura 11. Aforo del caudal



Figura 12. Toma de muestra de la laguna de oxidación



Figura 13. Toma de muestra del canal de maduración



Figura 14. Material filtrante para muestrear DBO_5



Figura 15. Rotulado la muestra



Figura 16. Llenado de cadena de custodia



Figura 17. Limpieza del canal de maduración



Figura 18. Limpieza de las bandejas de aireación



Figura 19. Medición de pH y temperatura in-situ



Figura 20. Medición de oxígeno disuelto en sistema de aireación in-situ

Anexo C. Resultado general de los parámetros analizados

Parámetros	T	Resultado inicial	Tratamiento 0 L			Tratamiento 3 L			Tratamiento 4 L			LMP
			Repetición	Resultado promedio	Remoción (%)	Repetición	Resultado promedio	Remoción (%)	Repetición	Resultados promedio	Remoción (%)	
DBO ₅ (mg/L)	5	177	98	99	44	62	62	65	61	58	67	100
			100			64			58			
			98			60			55			
	10	177	105	106	40	60	63	64	49	51	71	
			107			61			53			
			105			69			50			
	15	177	84	83	53	55	53	70	38	39	78	
			85			53			40			
			81			51			39			
SST (mg/L)	5	208	115	114	45	88	88	58	78	74	64	150
			115			88			72			
			113			88			71			
	10	208	136	136	35	95	96	54	69	68	67	
			136			97			67			
			136			97			68			
	15	208	107	106	49	80	81	61	55	56	73	
			103			83			55			
			107			81			58			
CTT (NMP/mL)	5	6.77 x 10 ⁶	2.2x10 ⁵	2.13 x10 ⁵	96.85	4.7x10 ⁴	4.533x10 ⁴	99.33	4.2x10 ³	4.333x10 ³	99.94	10000
			2.2x10 ⁵			4.8x10 ⁴			4.4x10 ³			
			2x10 ⁵			4.1x10 ⁴			4.4x10 ³			
	10	6.77x 10 ⁶	9.4x10 ⁴	8.9 x10 ⁴	98.68	7x10 ³	7.467x10 ³	99.89	2.5x10 ³	2.233x10 ³	99.97	
			9.4x10 ⁴			8.4x10 ³			2.1x10 ³			
			7.9x10 ⁴			7x10 ³			2.1x10 ³			
	15	6.77 x 10 ⁶	8.4x10 ⁴	8.4x10 ⁴	98.76	3.1x10 ³	2.767x10 ³	99.96	1.2x1 ³	1.027x10 ³	99.98	
			8.4x10 ⁴			2.6x10 ³			9.4x10 ²			
			8.4x10 ⁴			2.6x10 ³			9.4x10 ²			

Anexo D. Resultados de los análisis de DQO y OD

- **Demanda química de oxígeno (DQO)**

En la figura 1 se muestra los valores de DQO antes y después del tratamiento, donde inicialmente tuvo una concentración de 227 mg/L y después del tratamiento con 4L de EM disminuyó a 60 mg/L logrando una eficiencia de remoción de 74%.

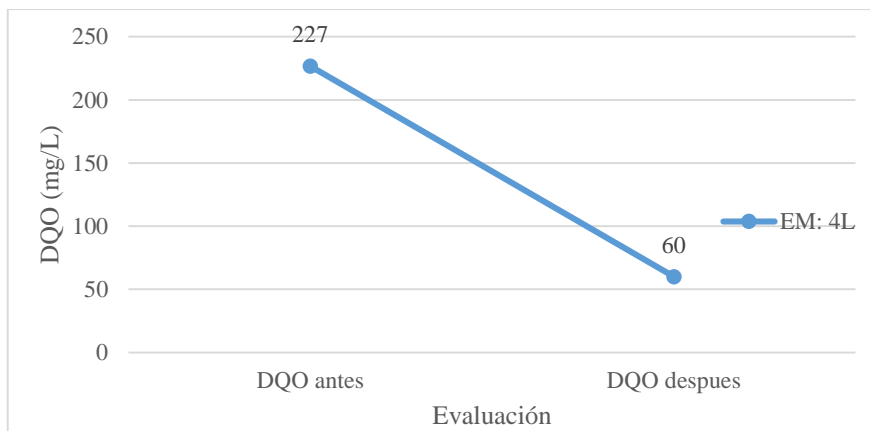


Figura 1. Demanda Química con 4L EM

Fuente: Elaboración propia (2018)

- **Oxígeno Disuelto**

En la figura 2 se muestra los valores de oxígeno disuelto antes y después del tratamiento, donde el OD tiene un valor inicial de 5.9 mg/L y después del tratamiento se obtuvo 18 mg/L.

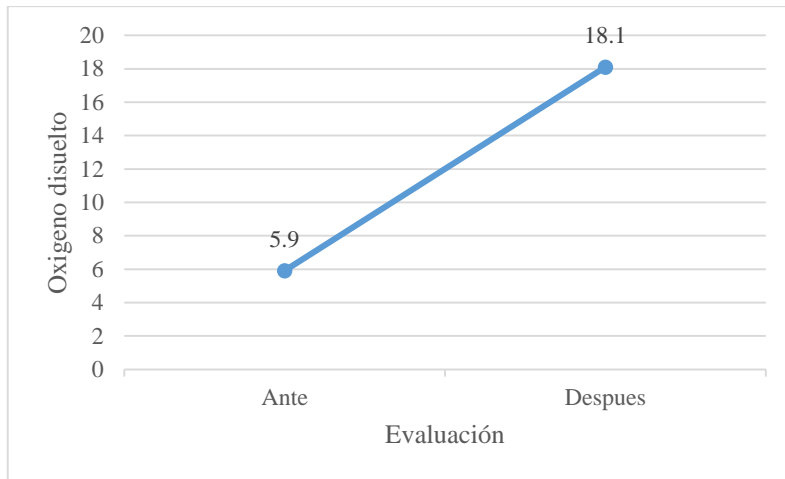


Figura 2. Oxígeno disuelto antes y después del tratamiento

Fuente: Elaboración propia (2018)

- **Conductividad eléctrica**

En la figura 3 se observa la conductiva antes y después del tratamiento, donde al inicio presento un valor de 438 ppm y después se determinó 420 ppm

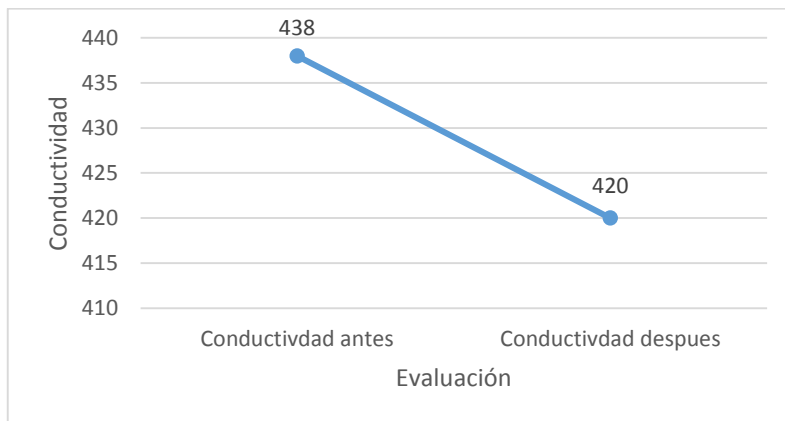


Figura 3. Valores de conductividad antes y después del tratamiento con 4L de EM

Fuente: Elaboración propia (2018)

Anexo E. Informe de resultados estadísticos

Se aplicó el diseño en bloques completamente al azar (B.C.A), para eso se consideró que los datos registrados en los tres tratamientos deberían de cumplir ciertos requisitos como: la distribución normal y homogeneidad de varianzas, a continuación, en la tabla N°10 se presentan la prueba de normalidad para todos los tratamientos. La tabla 1 muestra dos pruebas de normalidad, la Kolmogorov Smirnov y Shapiro Wilk, en este caso se utiliza prueba de Shapiro Wilk porque se está trabajando con 3 muestras, Además se puede observar que se cumple la normalidad a lo largo de los tres tratamientos para las tres variables (DBO₅, SST y CTT) ya que los valores de Sig. son mayes a >0.05.

Tabla 1

Prueba de normalidad para todos los tratamientos

Parámetros	Microorganismos eficientes en el sistema aerobio	Kolmogorov-Smirnov(a)			Shapiro-Wilk		
		Estadístic o	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DBO	Testigo: 0	.267	3	.	.951	3	.576
	T1: 3litros	.353	3	.	.824	3	.174
	T2: 4litros	.236	3	.	.977	3	.712
Solidos suspendidos totales	Testigo: 0	.285	3	.	.932	3	.497
	T1: 3litros	.184	3	.	.999	3	.927
	T2: 4litros	.253	3	.	.964	3	.637
Coliformes termo- tolerantes	Testigo: 0	.373	3	.	.779	3	.065
	T1: 3litros	.349	3	.	.832	3	.193
	T2: 4litros	.237	3	.	.976	3	.704

La Corrección de la significación de Lilliefors
Fuente. Software estadístico SPSS V.15

A continuación, en la tabla 2 se muestra la prueba de homogeneidad de varianza, donde al 1% (Prueba de Levene $p > 0.01$) de significación se cumple este requisito a lo largo de los tres tratamientos para las tres variables.

Tabla 2

Prueba de homogeneidad de varianzas para todos los tratamientos

	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
DBO	.882	2	6	.462
Sólidos suspendidos totales	1.348	2	6	.329
Coliformes termo-tolerantes	10.785	2	6	.010

Fuente. Software estadístico SPSS V.15

Comparación múltiple Dunnc y Dunnet

Demanda bioquímica de oxígeno

Tabla 3

Comparación con Dunnet

	(I) Microorganismos eficientes en el sistema aerobio	(J) Microorganismos eficientes en el sistema aerobio	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación
t de Dunnet (bilateral)(a)	T1: 3litros	Testigo: 0	36.6667(*)	3.72181	.001
	T2: 4litros	Testigo: 0	46.6667(*)	3.72181	.000

Basado en las medias observadas.

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

a Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como control y lo comparan con todos los demás grupos.

Tabla 4

Comparación con Duncan

	Microorganismos eficientes en el sistema aerobio	N	Subconjunto	
			2	1
Duncan(a,b)	Testigo: 0	3	81.0000	
	T1: 3litros	3		117.6667
	T2: 4litros	3		127.6667
	Significación		1.000	.055

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 20.778.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b Alfa = .05.

Tabla 5

Remoción DBO₅ por microorganismos eficientes en el sistema aerobio

Microorganismos eficientes en el sistema aerobio	Media ¹	N	Desviación estándar
Testigo: 0	81.0000b	3	11.78983
T1: 3litros	117.6667a	3	5.50757
T2: 4litros	127.6667a	3	9.60902
Total	108.7778	9	22.76388

1/ Letras iguales indican diferencias no significativas (prueba Duncan) y (prueba Dunnet)

Fuente. Software estadístico SPSS V.15

Sólidos suspendidos totales

Tabla 6

Comparación con Dunnet

	(I) Microorganismos eficientes en el sistema aerobio	(J) Microorganismos eficientes en el sistema aerobio	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación
t de Dunnet (bilateral)(a)	T1: 3litros	Testigo: 0	30.3333(*)	6.01849	.012
	T2: 4litros	Testigo: 0	52.6667(*)	6.01849	.002

Basado en las medias observadas.

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

a Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como control y lo comparan con todos los demás grupos.

Tabla 7

Comparación con Duncan

	Microorganismos eficientes en el sistema aerobio	N	Subconjunto		
			1	2	3
Duncan(a,b)	Testigo: 0	3	89.3333		
	T1: 3litros	3		119.6667	
	T2: 4litros	3			142.0000
	Significación		1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 54.333.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

Tabla 8

Remoción de SST por microorganismos eficientes en el sistema aerobio

Microorganismos eficientes en el sistema aerobio	Media ¹	N	Desvió estándar
Testigo: 0	89.3333c	3	15.53491
T1: 3litros	119.6667b	3	7.50555
T2: 4litros	142.0000a	3	9.16515
Total	117.0000	9	24.88976

1/ Letras iguales indican diferencias no significativas (prueba Duncan) y (prueba Dunnet)

Fuente. Software estadístico SPSS V.15

Coliformes termotolerantes

Tabla 9

Comparación con Dunnet

	(I) Microorganismos eficientes en el sistema aerobio	(J) Microorganismos eficientes en el sistema aerobio	Diferencia entre medias (I-J)	Error t _{íp.}	Significación
t de Dunnet (bilateral)(a)	T1: 3litros	Testigo: 0	110255.3333(*)	30023.45140	.036
	T2: 4litros	Testigo: 0	126246.6667(*)	30023.45140	.023

Basado en las medias observadas.

* La diferencia de medias es significativa al nivel .05.

a Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como control y lo comparan con todos los demás grupos

Tabla 10

Comparación con Duncan

Duncan(a,b)	Microorganismos eficientes en el sistema aerobio	N	Subconjunto		
			1	2	3
	Testigo: 0	3	89.3333		
	T1: 3litros	3		119.6667	
	T2: 4litros	3			142.0000
	Significación		1.000	1.000	1.000

Se muestran las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.

Basado en la suma de cuadrados tipo III

El término error es la Media cuadrática (Error) = 54.333.

a Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3.000

b Alfa = .05.

Tabla 11

Remoción de CTT por microorganismos eficientes en un sistema aerobio

Microorganismos eficientes en el sistema aerobio	Media ¹	N	Desvió estándar
Testigo: 0	6637889.3333b	3	73269.72974
T1: 3litros	6748144.6667a	3	23337.33887
T2: 4litros	6764136.0000a	3	1673.02481
Total	6716723.3333	9	70871.31781

1/ Letras iguales indican diferencias no significativas (prueba Duncan) y (prueba Dunnet)

Fuente. Software estadístico SPSS V.15

Anexo F. Informe de resultados de laboratorio antes del tratamiento



LABORATORIOS B&C S.A.C.

"Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos"

RUC: 20448241590

RESULTADOS DE ANALISIS MICROBIOLÓGICO Y FISICOQUIMICO DE AGUAS INFORME DE ENSAYO N° B226-2018

I. Datos del Solicitante

Solicitante : NANCY TANIA MAMANI CCAMA / RICHARD DAVIS CHAVEZ MOLINA
Dirección : Salida Arequipa Km. 6, Vía Chullunquiari - Juliaca
Proyecto : "Evaluación de la remoción de materia orgánica a través de un sistema aerobio con microorganismos eficientes (EM) en aguas residuales domésticas - Puno, 2018"

II. Datos del muestreo

Descripción del Producto : Agua Residual Doméstica
Punto de muestreo : L-01: Laguna de Oxidación (Afluente) - Universidad Peruana Unión.
Procedencia : Dist. Juliaca, Prov. San Román, Dept. Puno
Ubicación UTM : --
Fecha y hora de muestreo : 05 - Octubre - 2018 / 09:00 hrs.
Presentación : 2,200 mL aproximadamente, en envase de borosilicato estéril y de polietileno
Tipo de muestra : Puntual
Muestreado por : Nancy Tania Mamani Ccama
Fecha de recepción : 05 - Octubre - 2018

III. Resultados Parámetros Microbiológicos y Físicoquímicos

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO DE MUESTREO Y/O CODIFICACION: L-01		
		Repetición N° 01:	Repetición N° 02:	Repetición N° 03:
Numeración de Coliformes Fecales (Termotolerantes)	NMP/100 mL (44.5°C)	7.2 x 10 ⁶	6.9 x 10 ⁶	6.2 x 10 ⁶
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	180	170	180
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	204	211	209

Donde:

< Valor : Límite de Detección del Método
NMP : Numero Más Probable
mg/L : Miligramos por Litro

MÉTODOS DE ENSAYO:

- Numeración de Coliformes fecales (Termotolerantes): Método de fermentación de tubos múltiples. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA. AWW. WEF. Part. 9221 E. 21ª ed. 2005
- Demanda Bioquímica de Oxígeno: Prueba de incubación de 5 días. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales APHA. AWWA. WEF. Part. 5210 B. 21ª ed. 2005.
- Sólidos Suspendidos Totales: Gravimétrico. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales APHA. AWWA. WEF. Part. 2540. 2ª ed. 2005.

NOTAS IMPORTANTES

- El presente Informe de Ensayos tan sólo es válido únicamente para la muestra analizada.
- No deben inferirse a la Muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente Informe de Ensayos.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente LABORATORIOS B&C no se responsabiliza si las condiciones de muestreo no fueron las adecuadas.
- El presente Informe de Ensayos no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad.



Juliaca, 04 de Octubre del 2018

Anexo G. Informe de resultados de laboratorio después del tratamiento



LABORATORIOS B&C S.A.C.

"Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos"

RUC: 20448241590

RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO Y FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS INFORME DE ENSAYO N° B266-2018

I. Datos del Solicitante

Solicitante : NANCY TANIA MAMANI CCAMA / RICHARD DAVIS CHAVEZ MOLINA
 Dirección : Salida Arequipa Km. 6, Vía Chullunquiari - Juliaca
 Proyecto : "Evaluación de la remoción de materia orgánica a través de un sistema aerobio con microorganismos eficientes (EM) en aguas residuales domésticas - Puno, 2018"

II. Datos del muestreo

Descripción del Producto : Agua Residual Doméstica
 Punto de muestreo : E-03: Efluente del canal de aireación - Campus Universidad Peruana Unión.
 Procedencia : Dist. Juliaca, Prov. San Román, Dept. Puno
 Ubicación UTM : 0373179 / 8284150
 Fecha y hora de muestreo : 18 - Noviembre - 2018 / 8:30 hrs.
 Presentación : 2,200 mL aproximadamente, en envase de borosilicato estéril y de polietileno
 Tipo de muestra : Puntual
 Muestreado por : Nancy Tania Mamani Ccama
 Fecha de recepción : 18 - Noviembre - 2018

III. Resultados Parámetros Microbiológicos y Físicoquímicos

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO DE MUESTREO Y/O CODIFICACION: E-03		
		Repetición N° 01:	Repetición N° 02:	Repetición N° 03:
Numeración de Coliformes Fecales (Termotolerantes)	NMP/100 mL (44.5°C)	1.2 x 10 ³	9.4 x 10 ²	9.4 x 10 ²
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)*	mg/L	38	40	39
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	55	55	58
Demanda Química de Oxígeno (DQO)*	mg/L	60	60	60

Donde

< Valor : Límite de Detección del Método
 NMP : Número Más Probable
 mg/L : Miligramos por Litro
 * : Filtrado previo al muestreo

MÉTODOS DE ENSAYO:

- Numeración de Coliformes fecales (Termotolerantes): Método de fermentación de tubos múltiples. Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA. AWWA. WEF. Part. 9221 E. 21^o ed. 2005
- Demanda Bioquímica de Oxígeno: Prueba de incubación de 5 días. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales APHA. AWWA. WEF. Part. 5210 B. 21^o ed. 2005.
- Sólidos Suspendidos Totales: Gravimétrico. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales APHA. AWWA. WEF. Part. 2540. 21^o ed. 2005.
- Demanda Química de Oxígeno: Reflujo cerrado, Método titulométrico. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales APHA. AWWA. WEF. Part. 5220. 21^o ed. 2005.



Página 1 de 2

OFICINA: Galería Megacentro Pacífico, Jr. Lima N° 165, Ofic. 312
 Juliaca, Puno - Perú.
 Telf.: (051) 787801 / 951 492233 / 957 708565
 E-mail: bclaboratorios@gmail.com

Anexo H. Cadena de custodia

LABORATORIOS B&C S.A.C.
 "Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos"
 J. Pisco Nº 211 - Pisco, Tel: 946334179 / 951492333, E-mail:
 bcbolivos@netcom.pe

CADENA DE CUSTODIA

Código :	
Revisión :	
Página :	1 de 1


Solicitante : Nancy Tania Mamani Coama / Richard Davis Chavez Molina
Dirección : Salida Arequipa Km6 - Villa Challunguani - UPEU
R.U.C. :
Contacto : 946 880250

Teléfono / Fax : 946 880250 /
E-mail : ntamamamamani@gmail.com

Cod. Lab.	Cod. de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Matriz *	Puntos de Muestreo	Com., C.P., Localidad, Urb.	Distrito	Provincia	Departamento	U.T.M.		Nº de frascos		Vol. Total aprox. (ml)
										Este	Norte	P	V	
	M-1	05/10/2018	7:30	AR	Fluente de la Sanga de Ancahuasi *	San Ramón Arequipa Villichullunepesca	Juliaca	San Ramón	Puno	0363179	2329150	2	1	2200ml
											Total	2	1	

* Demanda Biológica de Oxígeno / Sólidos suspendidos totales / coliformos termotolerantes.

* AP(Agua Potable); AR(Agua Residual); AS(Agua Superficial); AT(Agua Subterránea); AL(Agua Pluvial); EF(Efluente); VE(Vertimiento); SE(Sedimento); BV(Banco Viajero); DP(Duplicado); BC(Blanco de Campo); BF(Blanco de Frasco); LD(Lodos); SU(Suelos)

Responsable del muestreo : Nancy Tania Mamani Coama  Firma	Observaciones:	Tipo de recipiente para el transporte: Cooler Temperatura durante el transporte: -- Muestras dentro del periodo de análisis: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Muestras entregadas intactas: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Entregado a: Herbert Pan Recibido por: Herbert Pan Fecha y hora: 05/10/18 Firma:
---	----------------	---	---



Anexo I. Hoja de Campo



UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
 FALCULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 Escuela profesional de Ingeniería Ambiental

Hoja No. _____

HOJA DE CAMPO PARA MEDIR pH y TEMPERATURA

DATOS DEL SITIO DE MUESTRO

Evaluación de la remoción de materia orgánica a través de un sistema aerobio con microorganismos eficientes (EM) de
 Proyecto: las aguas residuales de residencias del personal en el campus de la Universidad Peruana Unión-Puno, 2018

Dirección: Salida Arequipa Km 6, Villa Chullunquiani
 Contacto: 946880250 / 932780544
 e-mail: ntania.mamani@gmail.com
richard.davis.cm@gmail.com

Dist: Juliaca
 Prov: San Román
 Dpto: Puno

Instrumentos: _____

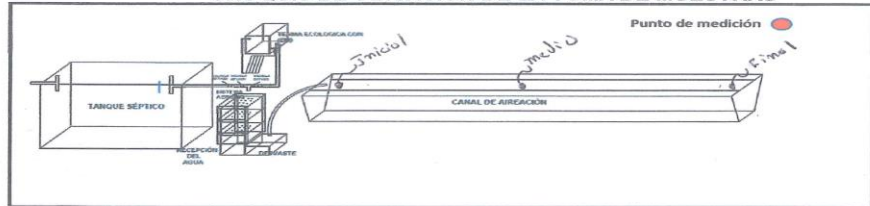
DESCRIPCIÓN

N°	Lugar	Fecha	Hora	pH	Temperatura
1	Canal	22/10/18	9:00 am	7.16	14.1
2	Canal inicial	22/10/18	10:09 am	7.88	22.8
3	Canal medio	22/10/18	10:38 am	7.70	22.2
4	Canal final	22/10/18	10:39 am	6.77	22.7
5	Canal Inicial	22/10/18	7:29 pm	8.8	14.6
6	Canal medio	22/10/18	7:24 pm	8.5	14.5
7	Canal final	22/10/18	7:25 pm	8.6	14.1
8	Bandejas	22/10/18	9:00 am	7.52	14.7
9	Bandejas	22/10/18	10:40 am	7.52	21.4
10	Bandejas	22/10/18	7:26 am	7.66	10.5
11	Laguna	22/10/18	10:00 am	7.9	15.1
12	Laguna	22/10/18	10:17 am	7.16	21.4
13	Laguna	22/10/18	7:27 am	7.15	13.6
14	tanque septico	22/10/18	10:00 am	6.94	15.1
15	tanque septico	22/10/18	7:24 am	7.18	16.3

OBSERVACIONES: _____

Se tomaron muestras Canal Inicial, medio, Final

CROQUIS DE UBICACIÓN DE LA TOMA DE MUESTRAS



Anexo J. Ubicación de punto de monitoreo

Nombre de EPS/Municipio:			
Nombre de PTAR: Evaluación de la remoción de materia orgánica a través de un sistema aerobio con microorganismos eficiente (EM) en aguas residuales – Puno , 2018			
UBICACIÓN DE PTAR			
Localidad	Distrito	Provincia	Departamento
Campus UPeU	Juliaca	San Román	Puno
IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS DE MONITOREO			
AFLUENTES			
Denominación del punto de muestreo (afluente)	Jaguna oxidación		
Coordenadas U.T.M.(WGS84)			
Norte	Este	Zona UTM	Altitud
8284153.00	373169.00	19L	3841
CAUDAL DE OPERACIÓN (promedio diario)	15.75 m ³ /s	Método de medición	Volumetrico
Efluente			
Denominación del punto de muestreo (efluente)	Zanja de Dirección		
Coordenadas U.T.M.(WGS84)			
Norte	Este	Zona UTM	Altitud
8284150	373179	19L	3830
CAUDAL DE OPERACIÓN (promedio diario)	11.48 m ³ /s	Método de medición	Volumetrico
Datos del GPS (marca, modelo ,número de serie ,precisión de equipo			
Marca : Garmin Modelo : Etrex 10			

Anexo K. Registro de datos de la estación meteorológica automática-Juliaca

Senamhi - Ultimos Datos

Estación : JULIACA , Tipo Automtica - Meteorológica

Departamento : PUNO

Provincia : SAN ROMAN

Distrito : JULIACA

Ir : 2018-09 ▼

Latitud : 15° 28' 15.8"

Longitud : 70° 10' 16.4"

Altitud : 3826

Dia/mes/año	Temperatura (°c)			Humedad (%)	Lluvia (mm)	Presion (mb)	Velocidad del Viento (m/s)	Direccion del Viento
	Prom	Max	Min					
01-09-2018	9.43	18.4	1.3	25.08	0	644.87	3.48	243
02-09-2018	4.66	16.7	-8.8	27.38	0	645.9	1.99	65
03-09-2018	5.55	16.3	-5.7	37.71	0	646.45	2.58	111
04-09-2018	6.64	17.5	-4.8	45.54	0	645.64	1.88	306
05-09-2018	7.18	17.2	-2.5	50.08	0	645.23	2.2	269
06-09-2018	7.35	17.9	-3.9	45.04	0	645.3	1.82	293
07-09-2018	8.14	18.1	-3.5	41.17	0	645.56	1.2	90
08-09-2018	8.33	17.4	-2.4	48.13	0	645.73	2.12	282
09-09-2018	8.68	17	-1.4	56.42	0	645.52	1.81	176
10-09-2018	8.32	16.5	-.6	53.54	0	645.78	2.13	308
11-09-2018	9.27	17.9	.1	51.63	0	645.39	2.03	296
12-09-2018	9	18.7	-3.2	29.21	0	644.95	1.81	75
13-09-2018	8.43	18.6	-3.9	27.67	0	644.08	1.61	64
14-09-2018	8.62	17.9	-5.3	33.5	0	643.86	1.99	274
15-09-2018	9.99	17.7	.6	31	0	643.15	2.12	303
16-09-2018	9.49	18.3	.1	31.21	0	643.56	2.4	301
17-09-2018	8.73	18.4	-2.7	21.58	0	644.42	1.99	233
18-09-2018	6.14	18	-9.6	27.79	0	644.31	1.61	193
19-09-2018	5.52	18.6	-9.3	27.88	0	644.84	1.72	66
20-09-2018	7.85	19.6	-6.5	33.75	0	644.9	2.23	273
21-09-2018	9.53	19.4		43.71	0	645.14	2.28	293
22-09-2018	8.69	18	-1	54.75	0	645.05	2.38	73
23-09-2018	8.56	16.6	.4	57.29	0	644.91	3.14	198
24-09-2018	7.3	15.5	-1.9	63.67	.2	645.23	2.13	267
25-09-2018	7.05	16.3	.7	58.32	0	645.18	1.62	89
26-09-2018	9.79	17.7	1.2	26.58	0	644.5	1.75	240
27-09-2018	9.78	17.6	3.3	35.08	0	644.81	3.01	26
28-09-2018	9.09	17.4	2.4	54.71	0	645.12	2.64	75
29-09-2018	7.8	18.3	-4.2	47.42	0	644.61	2.05	295
30-09-2018	8.95	19.1	-2.8	25.13	0	644.55	2.15	83

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística

* Información sin Control de Calidad

* El uso de esta información es bajo su entera Responsabilidad

Senamhi - Ultimos Datos

Estación : JULIACA , Tipo Automtica - Meteorológica

Departamento : PUNO

Provincia : SAN ROMAN

Distrito : JULIACA

Ir : 2018-10 ▼

Latitud : 15° 28' 15.8"

Longitud : 70° 10' 16.4"

Altitud : 3826

Día/mes/año	Temperatura (°c)			Humedad (%)	Lluvia (mm)	Presion (mb)	Velocidad del Viento (m/s)	Direccion del Viento
	Prom	Max	Min					
01-10-2018	9.38	20.3	-4.6	33.96	0	644.94	2.69	298
02-10-2018	9.91	19.9	-.8	42.96	0	645.18	2.33	292
03-10-2018	9.41	18.2	-.3	54.04	0	644.91	2.61	250
04-10-2018	8.53	15.6	-.6	64.08	0	645.52	2.16	350
05-10-2018	9.83	16.9	5.4	63.96	11.7	645.4	2.2	336
06-10-2018	8.67	16.7	4.4	78.96	15.9	645.08	1.68	311
07-10-2018	8.48	13.6	5.9	76	1.9	645.63	2.41	255
08-10-2018	8.99	16.3	2.9	54.38	0	645.36	1.77	291
09-10-2018	9.87	17.5	2.3	54.79	0	644.49	1.5	241
10-10-2018	10.95	18.4	5.2	56.17	5	644.12	2.26	258
11-10-2018	9.85	15.8	6.3	66.33	1.2	644.81	2.31	357
12-10-2018	8.89	14.9	4.9	69.42	1	645.41	2	167
13-10-2018	9.51	15	6.8	74	0	645.81	2.08	270
14-10-2018	10.23	16.8	4.9	66.42	0	645.49	3.52	82
15-10-2018	8.69	14.5	5.7	77.29	1.4	645.55	1.9	266
16-10-2018	9.51	16.1	3	70.46	1	644.5	2.66	314
17-10-2018	10.02	18.4	2.2	64.92	2.2	644.65	2.27	47
18-10-2018	10.28	16.9	3.6	67.25	.1	645.06	1.84	277
19-10-2018	9.86	17.5	5.8	69.63	.1	645.21	2.68	107
20-10-2018	9.4	15.5	5.6	73.29	1.4	644.8	1.87	335
21-10-2018	10.23	18.2	2.9	64.71	0	643.75	1.85	71
22-10-2018	10.48	18.7	1.3	64.25	.2	643.53	2.28	295
23-10-2018	11.5	17.5	7.8			281.61	527.96	287
24-10-2018	8.73	17.1	1.8	65.43		625.01		292
25-10-2018	8.84	14	5.1	78.47	.6	644.39	1.72	274
26-10-2018	9.54	17.7	2.9	67.16	0	644.29	1.99	152
27-10-2018			3.5			127.93	289.84	342
28-10-2018	10.9	19.6	.9	43.05	0	644.41	1.91	280
29-10-2018	10.39	19.6	-.3	46.05	0	644.41	2.41	291
30-10-2018	10.87	19.7	.8	58.67	0	644.91	2.34	284
31-10-2018	12.47	19.2	7.2	53.71	0	645.68	2.77	74

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadística

* Información sin Control de Calidad

* El uso de esta Información es bajo su entera Responsabilidad

Senamhi - Ultimos Datos

Estación : JULIACA , Tipo Automtica - Meteorológica

Departamento : PUNO

Provincia : SAN ROMAN

Distrito : JULIACA

Ir : 2018-11 ▾

Latitud : 15° 28' 15.8"

Longitud : 70° 10' 16.4"

Altitud : 3826

Dia/mes/año	Temperatura (°c)			Humedad (%)	Lluvia (mm)	Presion (mb)	Velocidad del Viento (m/s)	Direccion del Viento
	Prom	Max	Min					
01-11-2018	11.03	19.1	4.4	61	1.9	645.37	2.71	325
02-11-2018	8.88	15.7	2.3	73.22	.7	644.8	1.95	321
03-11-2018	9.8	19.6	.6	56.5	0	643.83	2.67	81
04-11-2018	9.73	18.3	2	62.29	1	643.55	2.38	299
05-11-2018	10.64	16.9	6.4	64.65	.2	643.91	2.58	110
06-11-2018	10.34	18	3.1	61.17	0	644.17	2.02	289
07-11-2018	10.47	17.4	5.3	71.21	2.3	644.46	3.49	111
08-11-2018	11.17	18.7	6.3	67.92	1.8	644.6	2.1	281
09-11-2018	12.28	20.5	5.4	49.75	0	644.53	2.03	100
10-11-2018	12.44	21.2	2.5			245.74		240
11-11-2018	12.66	21.5	1.8	45.67		643.22	2.5	274
12-11-2018	12.33	18.5	5.9	42.09		643.68	2.91	110
13-11-2018	12.93	21	6.8			97.68	277.13	114
14-11-2018	12.25	19	5.7	30.81	0	644.64	1.88	305
15-11-2018	11.97	19.1	5.9	51.05	0	643.89	2.31	68
16-11-2018	10.17	20.3	3.8	66.87	9.3	644.54	2.54	236
17-11-2018	11.1	20.2	1.2	51.14	.1	644.13	1.8	276
18-11-2018	11.78	20.5	3	42.5	0	644.35	2.1	122
19-11-2018	10.91	17.7	7.8	60.75	1	645.08	2.24	212
20-11-2018	11.08	20.1	4.3	68.58	1.6	645.1	2.2	356
21-11-2018	11.36	20.2	3.4	63.42	0	645.17	2.2	230
22-11-2018	12.62	22.2	2.4	39.08	0	644.19	2.33	153
23-11-2018	12.62	23.4	-8	23.38	0	643.23	2.59	218
24-11-2018	9.32	16.7	-6	28.25	0	643.83	1.57	296
25-11-2018	11.5	21.4	-4	44.96	1.6	643.47	2.25	21
26-11-2018	10.28	18.3	6.2	70.92	5.6	644.43	2.53	305
27-11-2018	10.25		5.9	74.87	2.1	643.49	2.15	15

* Fuente : SENAMHI - Oficina de Estadistica

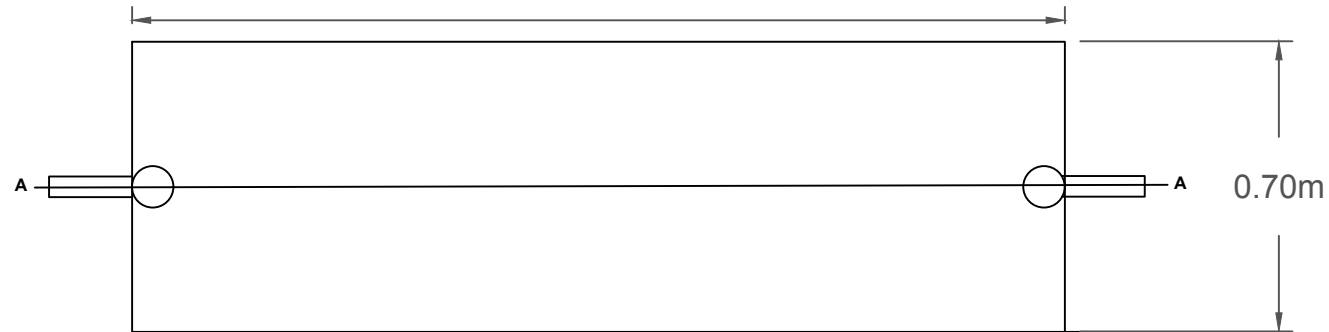
* Informacion sin Control de Calidad

* El uso de esta Informacion es bajo su entera Responsabilidad

Anexo L. Diseños de planos

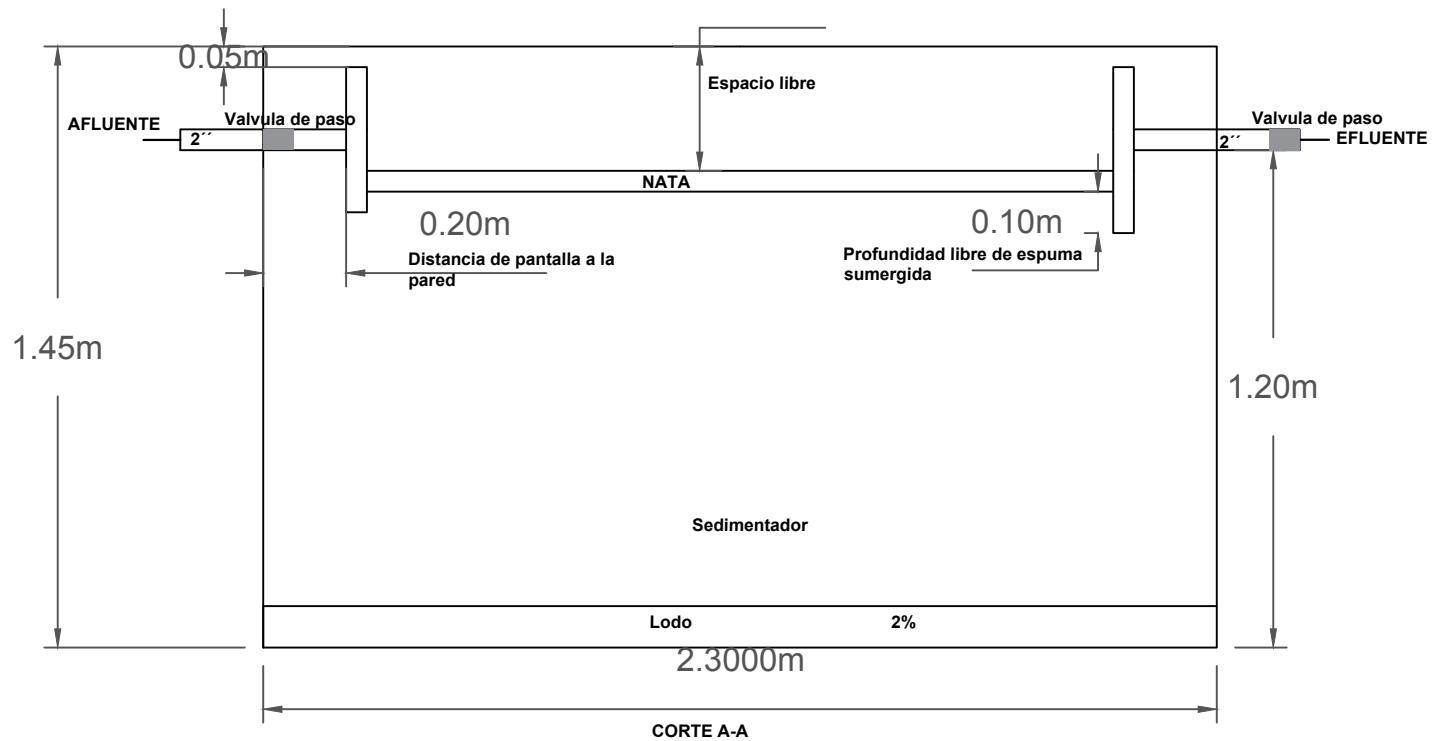
TANQUE SÉPTICO

2.25m



PLATA

0.30m



PROYECTO

Evaluación de la remoción de materia orgánica a través de un sistema aerobio con microorganismos eficientes (EM) en aguas residuales domésticas - Puno, 2018

CONTENIDO

Tanque Septico

Diseñado

Nancy Tania Mamani Ccama

Richard Davis Chavez Molina

FECHA

Setiembre de 2018

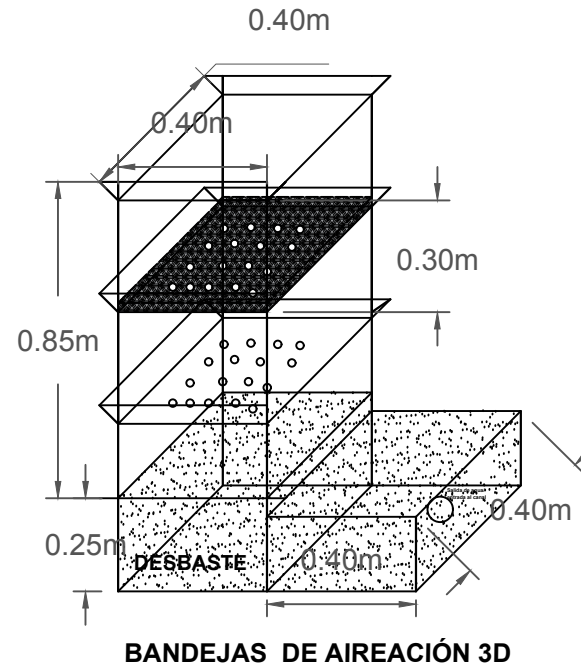
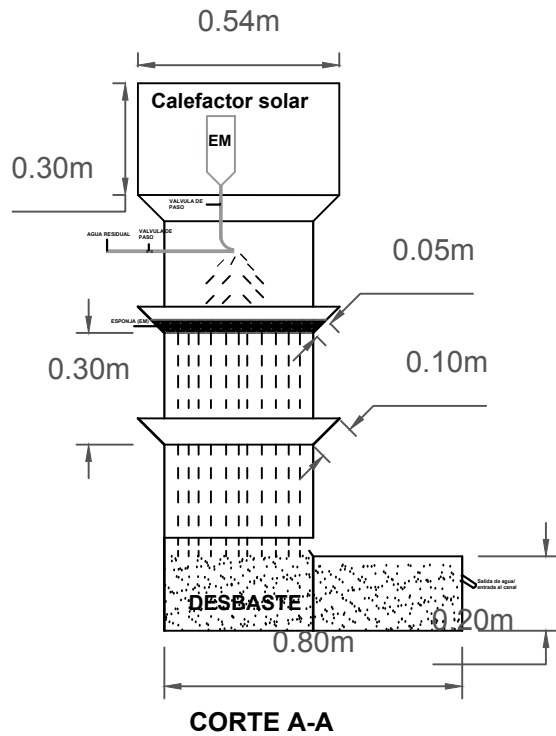
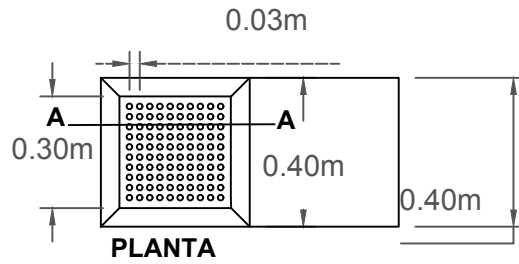
ESCALA

25.37

PLANO

1.1

BANDEJAS DE AIREACIÓN



LEYENDA	
	Gotas de agua
■	Esponja
⊙⊙	Orificios
EM	Envase con EM



Una Institución Adventista

PROYECTO

Evaluación de la remoción de materia orgánica a través de un sistema aerobio con microorganismos eficientes (EM) en aguas residuales domésticas - Puno, 2018

CONTENIDO

Bandeja de Aireación

Diseñado

Nancy Tania Mamani Ccama

Richard Davis Chavez Molina

FECHA

Setiembre de 2018

ESCALA

49.24

PLANO

1.2

PROYECTO

Evaluación de la remoción de materia orgánica a través de un sistema aerobio con microorganismos eficientes (EM) en aguas residuales domésticas - Puno, 2018

CONTENIDO

Canal de Aireación

Diseñado

Nancy Tania Mamani Ccama

Richard Davis Chavez Molina

FECHA

Setiembre de 2018

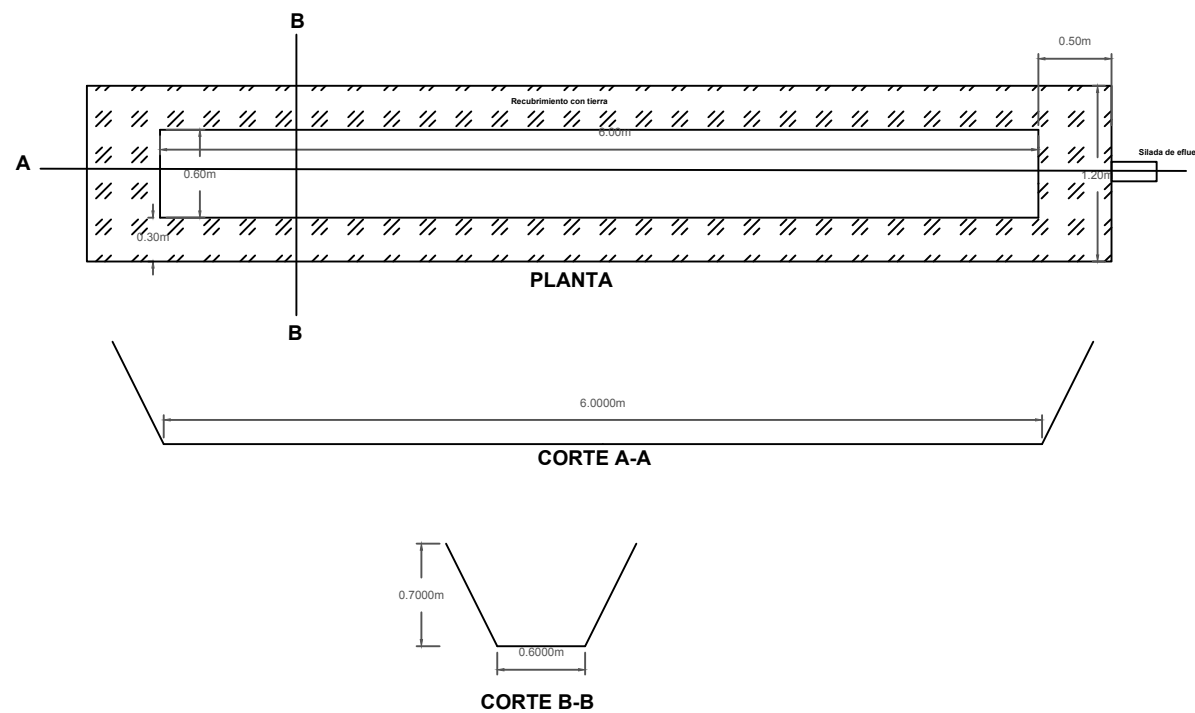
ESCALA

19.35

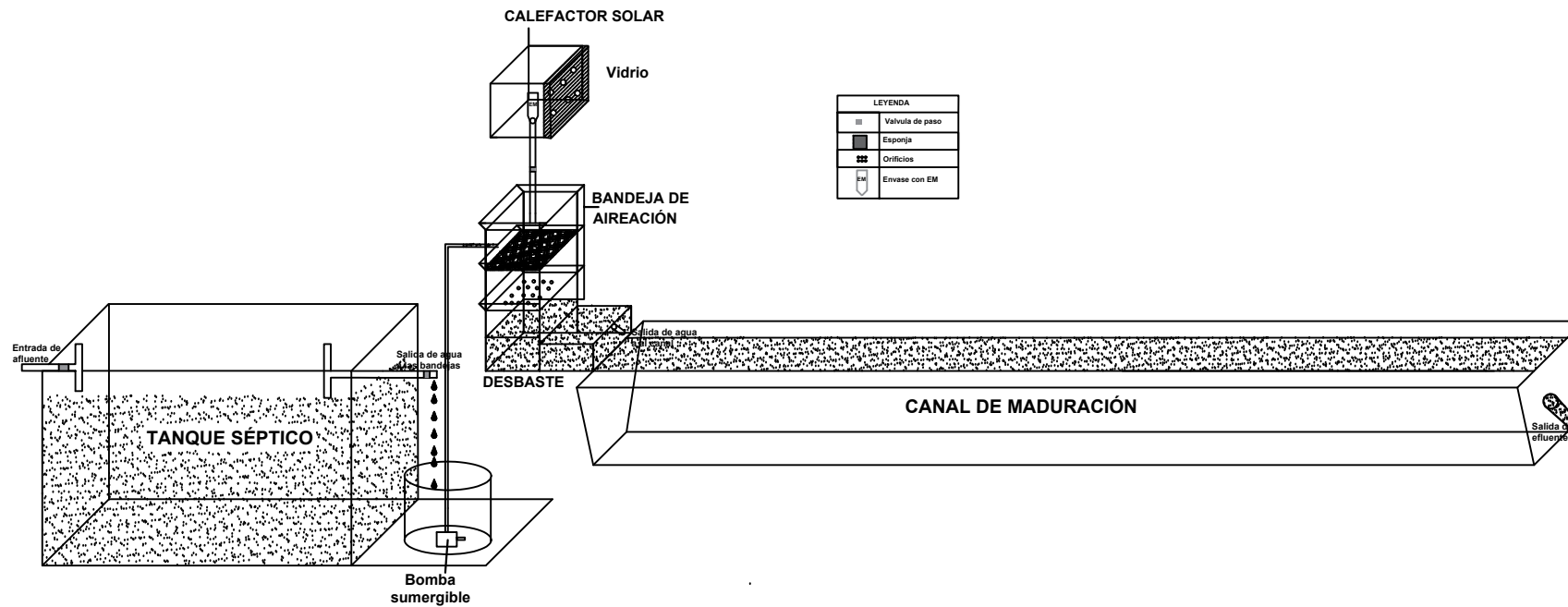
PLANO

1.3

CANAL DE AIREACIÓN



Evaluación de la remoción
de materia orgánica a través de un sistema aerobio con microorganismos eficientes (EM)
en aguas residuales domésticas - Puno, 2018



PROYECTO

Evaluación de la remoción de materia orgánica a través de un sistema aerobio con microorganismos eficientes (EM) en aguas residuales domésticas - Puno, 2018

CONTENIDO

Sistema Aerobio

Diseñado

Nancy Tania Mamani Ccama

Richard Davis Chavez Molina

FECHA

Setiembre de 2018

ESCALA

49.24

PLANO

1.4