UNIVERSIDAD NACIONAL

"SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"

FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

"COMPARACIÓN DE FILTROS TENIENDO COMO MEDIO FILTRANTE A LA LUMBRICUS TERRESTRIS Y EISENIA FOETIDA PARA LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES Y COLIFORMES FECALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN CLIMAS ANDINOS - 2019"

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERA SANITARIA

BACHILLER: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES

ASESOR: Ing. MARTIN MIGUEL HUAMAN CARRANZA

HUARAZ – ANCASH – PERÚ

DICIEMBRE 2021

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, CONDUCENTES A OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

1. Datos del autor:

Apellidos y Nombres: VILLAFRANCA FLORES DEYSI ROXANA

Código de alumno: 102.0704.051 Teléfono: 917360188

E-mail: dvillafrancaf@unasam.edu.pe D.N.I. n°: 70568994

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

2. Tipo de trabajo de investigación:

- (●) Tesis
- ( ) Trabajo de Suficiencia Profesional
- ( ) Trabajo Académico
- ( ) Trabajo de Investigación
- ( ) Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)

3. Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO SANITARIO

4. Título del trabajo de investigación:

Comparación de filtros teniendo como medio filtrante a la *lumbricus terrestris y eisenia foetida* para la remoción de sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos volátiles y coliformes fecales de las aguas residuales domésticas en climas andinos - 2019

5. Facultad de: Ciencias del Ambiente

6. Escuela o Carrera: INGENIERÍA SANITARIA

7. Asesor:

Apellidos y nombres MARTÍN MIGUEL HUAMÁN CARRANZA D.N.I n°: 44779016

E-mail: mhuamanc@unasam.edu.pe ID ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2469-9536

8. Referencia bibliográfica: Tesis en formato APA

9. Tipo de acceso al Documento:

- (●) Acceso público* al contenido completo. Acceso
- ( ) restringido** al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

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

_____

_____

_____

10. Originalidad del archivo digital

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

Firma del autor

11. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

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

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

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

……

12. Para ser verificado por la Dirección del Repositorio Institucional

Fecha de Acto de sustentación:

Huaraz, 06/12/2021

Firma: Varillas Wiliam Eduardo
Asistente en Informática y Sistemas
- UNASAM -

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

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

ACTA: SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS

"COMPARACIÓN DE FILTROS TENIENDO COMO MEDIO FILTRANTE A LA LUMBRICUS TERRESTRIS Y EISENIA FOETIDA PARA LA REMOCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES Y COLIFORMES FECALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN CLIMAS ANDINOS - 2019"

SUSTENTA Y DEFIENDE: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO

A los seis días del mes de diciembre de los dos mil veintiunos, siendo las 17 horas con 15 minutos, reunidos en el Auditorio Virtual de la Facultad de Ciencias del Ambiente (FCAM) y en la Plataforma Microsoft Teams de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), operada desde la Av. Centenario N° 290-Independencia-Huaraz, el jurado en pleno integrado por: MSc. CARLOS BORROMEO POMA VILLAFUERTE (Presidente), Dra. JUDITH ISABEL FLORES ALBORNOZ (Primer miembro) y Ing. NINO FRANKLIN ARAUJO JAMANCA(Segundo miembro), procesan el **Acto Académico de Sustentación y Defensa** virtual de Tesis, que presenta la tesista DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES, de conformidad a: Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 761-2017-UNASAM del 27/diciembre/2017 (Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM), Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 103-2021-UNASAM del 28/enero/2021 (protocolo para el procedimiento de sustentación en la plataforma virtual de la UNASAM), Resolución de Consejo de Facultad N° 051-2020-UNASAM- FCAM del 24/octubre/2020 (instructivo para sustentación virtual de tesis), Resolución Decanatural N° 157-2018-UNASAM-FCAM del 11/Mayo/2018 (designación del asesor de tesis), Resolución Decanatural N°405-2018-UNASAM-FCAM del 16/Noviembre/2018 (designación de jurado evaluador de tesis), Resolución Decanatural N°170-2018-UNASAM-FCAM del 19/Junio/2019 (aprobación del plan de tesis) y acta de revisión y aprobación del borrador de tesis del 19/Octubre/2021 (aprobación del Informe Final de Tesis).

La jefa de la Unidad de Grados y Títulos de la EPIS-FCAM-UNASAM, Dra. Judith Isabel Flores Albornoz, hace la presentación y da cuenta de la documentación que viabiliza la Sustentación y Defensa de la Tesis, además, de precisar sobre las atribuciones del jurado en cuanto a que sus fallos son inapelables. En seguida, el presidente del jurado da pase al tesista, concediéndole un tiempo de cuarenta y cinco (45) minutos para la Sustentación y Defensa de Tesis, concluida ésta, el jurado en pleno formula preguntas y es absuelta por el tesista, se invita al público a intervenir con interrogantes y/o comentarios; interviene el Presidente dando lectura a algunas preguntas formuladas por el público y por último se invita a intervenir a la asesora Dra. JUDITH ISABEL FLORES ALBORNOZ, quien precisa algunos aspectos en relación a las interrogantes del jurado.

El presidente del jurado, invita al tesista y a todos los asistentes a abandonar el Auditorio Virtual; conjuntamente con los otros miembros del jurado ingresan a la sala virtual de calificaciones, para proceder con la deliberación y calificación. Consolidadas las calificaciones, el jurado arriba al siguiente resultado final: **tema de tesis (5), dominio del tema (4)** y **capacidad de comunicación (5)**. Por consiguiente, lo declaramos APROBADO con el calificativo **CATORCE (14)** y queda expedito para que el Consejo de Facultad de la FCAM-UNASAM apruebe el otorgamiento del **Título Profesional de Ingeniero Sanitario** a favor de la tesista DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES, de conformidad a la normatividad vigente. Se levanta y firman el presente Acta de Sustentación y Defensa de Tesis, tanto el jurado en pleno, como la asesora. Se redacta y firman el informe de sustentación, dando cuenta de la conformidad del proceso.
El jurado en pleno retorna al auditorio virtual de sustentación. El presidente del jurado, indica a la Jefa de Grados y Títulos de la EPIS-FCAM-UNASAM a invitar a la tesista y público en general a retomar al auditórium virtual y dispone al primer miembro del jurado dar cuenta del resultado a través de la lectura del Acta de Sustentación y Defensa de la Tesis.

El presidente del jurado indica que se hará entrega oportuna de dos (02) ejemplares del Acta de Sustentación y Defensa de tesis a la tesista para los trámites administrativos que corresponda. Luego agradece a todos y da por concluido el acto académico, siendo las siete horas y quince minutos del mismo día.

MSc. Carlos Borromeo Poma Villafuerte
Presidente

Dra. Judith Isabel Flores Albornoz
Primer Miembro

Ing. Nino Franklin Araujo Jamanca
Segundo Miembro

MSc. Martín Miguel Huamán Carranza
Asesor

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a: A mis padres Román y Cecilia quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos Carmen, Yehudi y Liz por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi querido esposo Max, por apoyarme cuando más lo necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día.

Mil veces gracias.

Deysi Roxana Villafranca Flores

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

AGRADECIMIENTO

A Dios, mi familia y amigos por darme la fortaleza, valentía y sabiduría para emprender este largo camino hacia mis metas.

De igual manera mis agradecimientos a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento., a la Escuela Profesional De Ingeniería Sanitaria y a la plana docente EPIS, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda desarrollar este trabajo, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Martín Huamán Carranza, mi asesor durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de la presente tesis.

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN 3

1.1. OBJETIVOS 4

1.1.1. OBJETIVO GENERAL 4

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4

1.2. HIPÓTESIS 5

1.3. VARIABLES 5

II. MARCO TEÓRICO 8

2.1. ANTECEDENTES 8

2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL 8

2.1.2. A NIVEL NACIONAL 9

2.2. BASES TEÓRICAS 10

2.2.1. AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS 10

2.2.2. MÉTODO DEL LOMBRIFILTRO 14

2.2.3. MICROBIOLOGÍA DEL BIOFILTRO 25

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS 26

III. MARCO METODOLÓGICO 30

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN 30

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3.1.1. SEGÚN PROPÓSITO O APLICACIÓN 30

3.1.2. SEGÚN NATURALEZA DE LOS DATOS 30

3.1.3. SEGÚN LOS MEDIOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS 30

3.1.4. SEGÚN MANIPULACIÓN DE VARIABLES 30

3.1.5. SEGÚN EL TIPO DE INFERENCIA..... 30

3.1.6. SEGÚN EL PERIODO TEMPORAL..... 31

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN 31

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS 31

3.3.1. TÉCNICA 31

3.3.2. MÉTODOS..... 32

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA 33

3.4.1. POBLACIÓN 33

3.4.2. MUESTREO 34

3.4.3. MUESTRAS 34

3.4.4. UNIDAD DE ANÁLISIS 38

3.5. INSTRUMENTOS VALIDADOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS 38

3.5.1. INSTRUMENTO..... 38

3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS DE LA INFORMACIÓN 39

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3.6.1. LUGAR DE EJECUCIÓN 39

3.6.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO 40

3.6.3. PROCEDIMIENTO 41

RESULTADOS 54

3.7. RESULTADOS DEL DISEÑO DEL TANQUE Y DRENAJE DEL BIOFILTRO 54

3.8. RESULTADOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ENTRADA Y DISTRIBUCIÓN DE LOS BIOFILTROS 54

3.9. RESULTADOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LOS BIOFILTROS Y ALGUNAS UNIDADES DE LA PLANTA PILOTO 55

3.10. RESULTADOS DE PRE-ADAPTACIÓN DE LAS LOMBRICES 56

3.11. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN 56

3.12. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS 57

3.12.1. PARÁMETROS FÍSICOS: pH, TEMPERATURA (C) Y CAUDAL (l/s) 57

3.12.2. PARÁMETROS QUÍMICOS (SST, SSV Y COLIFORMES) ANALIZADOS EN EL LABORATORIO POR FECHA DE ANÁLISIS 75

3.12.3. RESULTADOS DE CONCENTRACIÓN Y EFICIENCIA DE REMOCIÓN 96

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3.12.4. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS CON RESPECTO A LOS ECA (CATEGORÍA 4) DEL DECRETO SUPREMO N°004-2017-MINAM 105

3.12.5. DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DEGRADACIÓN 107

3.12.6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO..... 118

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS..... 130

4.1. ETAPA DE ADAPTACIÓN..... 130

4.2. ETAPA DE TRATAMIENTO 131

V. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN 134

5.1. CONCLUSIONES 134

5.2. RECOMENDACIONES..... 136

VI. BIBLIOGRAFÍA..... 137

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

RELACIÓN DE TABLAS

Tabla 1 Calidad de agua según NMP de coliformes 13

Tabla 2 Índice de eficiencia 14

Tabla 3 Comparación de los tipos de lombrices de tierra..... 18

Tabla 4 Parámetros del alimento de la lombriz Eisenia Foetida..... 20

Tabla 5 Tabla de muestreos tomados del lombrifiltro con Eisenia Foetida con los parámetros de SST, SSV y CF 34

Tabla 6 Tabla de muestreos tomados del lombrifiltro con Lumbricus Terrestris con los parámetros de SST, SSV y CF 35

Tabla 7 Tabla de muestreos considerados del lombrifiltro con Eisenia Foetida con los parámetros de SST, SSV y CF 37

Tabla 8 Tabla de muestreos considerados del lombrifiltro con Eisenia Foetida con los parámetros de SST, SSV y CF 37

Tabla 9 Pruebas Estadísticas de acuerdo al tipo de estudio..... 40

Tabla 10 Etapas de la metodología empleada 42

Tabla 11 Diseño del tanque y drenaje del biofiltro 54

Tabla 12 Diseño del sistema de entrada y distribución de los biofiltros 55

Tabla 13 Concentración de SST y SSV situado aguas arriba del sistema de lombrifiltro 56

Tabla 14 Temperatura de la Eisenia Foetida ST1 - Adaptación..... 57

Tabla 15 Temperatura de la Lumbricus Terrestris ST2 - Adaptación..... 59

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Tabla 16 pH de la Eisenia Foetida ST1 - Adaptación..... 60

Tabla 17 pH de la Lumbricus Terrestris ST2 - Adaptación..... 62

Tabla 18 Humedad de La Eisenia Foetida Y Lumbricus Terrestris - Adaptación 63

Tabla 19 Aforo de caudales de la Eisenia Foetida ST1 - Adaptación 65

Tabla 20 Aforo de los caudales de la Lumbricus Terrestris ST2 - Adaptación 66

Tabla 21 Temperatura de la Eisenia Foetida ST1 - Tratamiento..... 67

Tabla 22 Temperatura de la Lumbricus Terrestris ST2 - Tratamiento..... 68

Tabla 23 pH de la Eisenia Foetida ST1 - Tratamiento..... 69

Tabla 24 pH de la Lumbricus Terrestris ST2 - Tratamiento..... 70

Tabla 25 Humedad de La Eisenia Foetida Y Lumbricus Terrestris - Tratamiento 71

Tabla 26 Turbidez ST1 : Eisenia Foetida - Tratamiento..... 72

Tabla 27 Turbidez ST1 : Lumbricus Terrestris - Tratamiento..... 73

Tabla 28 Tiempo de retención - TRH(min) para T1: Eisenia Foetida y T2 : Lumbricus 74

Tabla 29 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 15/10/2019..... 76

Tabla 30 Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - 15/10/2019 77

Tabla 31 Concentración de Coliformes Fecales - 15/10/2019..... 79

Tabla 32 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 22/10/2019..... 80

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Tabla 33 Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - 22/10/2019 81

Tabla 34 Concentración de Coliformes Fecales - 22/10/2019 82

Tabla 35 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 06/11/2019 83

Tabla 36 Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - 06/11/2019 85

Tabla 37 Concentración de Coliformes Fecales - 06/11/2019..... 86

Tabla 38 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 27/12/2019 87

Tabla 39 Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - 27/12/2019 88

Tabla 40 Concentración de Coliformes Fecales - 27/12/2019..... 89

Tabla 41 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 08/01/2020 90

Tabla 42 Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - 08/01/2020 92

Tabla 43 Concentración de Coliformes Fecales - 08/01/2020..... 93

Tabla 44 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 19/02/2020 94

Tabla 45 Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - 19/02/2020 95

Tabla 46 Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Totales de todas las 96

Tabla 47 Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Totales - L.T. 98

Tabla 48 Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - E.F. 100

Tabla 49 Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - L.T. 101

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Tabla 50 Resultados de concentración de Coliformes Fecales - E.F. 103

Tabla 51 Resultados de concentración de Lumbricus Terrestris - L.T. 103

Tabla 52 Resumen de remoción de concentración de Sólidos Suspendidos Totales y 104

Tabla 53 Comparación de los SST con los ECA – Cat. 4. 105

Tabla 54 Comparación de los SSV con los ECA – Cat. 4. 106

Tabla 55 Comparación de los Coliformes Fecales con los ECA – Cat. 4.... 107

Tabla 56 Determinación del coeficiente de degradación del medio filtrante (k)-SST - EF 108

Tabla 57 Determinación del coeficiente de degradación del sustrato (k1) - SST - EF 109

Tabla 58 Determinación del coeficiente de degradación del aserrín y las lombrices (k2) 110

Tabla 59 Determinación del coeficiente de degradación del medio filtrante (k)-SST - LT 111

Tabla 60 Determinación del coeficiente de degradación del sustrato (k1) - SST - LT 112

Tabla 61 Determinación del coeficiente de degradación del aserrín y las lombrices (k2)-SST-LT 112

Tabla 62 Determinación del coeficiente de degradación del sustrato (k1) - SSV - EF 114

Tabla 63 Determinación del coeficiente de degradación del aserrín y las lombrices (k2)-SSV-EF 115

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Tabla 64 Determinación del coeficiente de degradación del medio filtrante (k)-SSV -LT 116

Tabla 65 Determinación del coeficiente de degradación del sustrato (k1) - SSV - LT 117

Tabla 66 Determinación del coeficiente de degradación del aserrín y las lombrices (k2)-SSV-LT..... 117

Tabla 67 Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Totales - E.F. 118

Tabla 68 Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Totales - L.T. 120

Tabla 69 Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - E.F. 123

Tabla 70 Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - L.T. 126

Tabla 71 Coliformes Fecales - E.F. 128

Tabla 72 Lumbricus Terrestris - L.T. 129

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1 Capas del lombrifiltro 16

Figura 2 Representación esquemática de una lombriz de tierra 17

Figura 3 Lombriz de tierra (Lumbricus Terrestris) 18

Figura 4 Lombriz roja californiana (Eisenia Foetida) 20

Figura 16 Mapa de Ubicación Geográfica de la Tesis a Nivel Nacional y Departamental 39

Figura 17 Mapa de Ubicación Geográfica de la Tesis a Nivel Distrital 40

Figura 5 Reconocimiento de la zona de estudio 43

Figura 6 Diseño del sistema de Distribución 46

Figura 7 Dimensiones de la malla metálica de soporte de los medios filtrantes 48

Figura 8 Malla metálica de soporte de los medios filtrantes 48

Figura 9 Esquema de bloque del sistema 49

Figura 10 Pre adaptación de la Eisenia Foetida(tina roja) y Lumbricus Terrestris(tina verde) 50

Figura 11 Sustratos de los medios filtrantes 51

Figura 12 Colocación de ambas especies de lombrices y agregado de aserrín 51

Figura 13 Puesta en marcha de la planta piloto 52

Figura 14 Adaptación de las lombrices a los medios filtrantes 52

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Figura 15 Toma de muestra del agua residual en la entrada y salida de los lombrifiltros 53

Figura 18 Temperatura de la Eisenia Foetida ST1 - Adaptación 58

Figura 19 Temperatura de la Lumbricus Terrestris ST2 – Adaptación..... 60

Figura 20 pH de la Eisenia Foetida ST1 - Adaptación 61

Figura 21 pH de la Lumbricus Terrestris ST2 - Adaptación 62

Figura 22 Humedad de La Eisenia Foetida Y Lumbricus Terrestris - Adaptación 64

Figura 23 Aforo de caudales de la Eisenia Foetida ST1 - Adaptación..... 65

Figura 24 Aforo de los caudales de la Lumbricus Terrestris ST2 – Adaptación 67

Figura 25 Temperatura de la Eisenia Foetida ST1 - Tratamiento 68

Figura 26 Temperatura de la Lumbricus Terrestris ST2 - Tratamiento 69

Figura 27 pH de la Eisenia Foetida ST1 - Tratamiento 70

Figura 28 pH de la Lumbricus Terrestris ST2 - Tratamiento 71

Figura 29 Humedad de La Eisenia Foetida Y Lumbricus Terrestris - Tratamiento 72

Figura 30 Turbidez ST1 : Eisenia Foetida - Tratamiento 73

Figura 31 Turbidez ST1 : Lumbricus Terrestris - Tratamiento 74

Figura 32 Tiempo de retención ST1: Eisenia Foetida - ST2 : Lumbricus Terrestris - Tratamiento 75

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Figura 33 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 15/10/2019 76

Figura 34 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Totales - 15/10/2019..... 77

Figura 35 Concentración del Sólidos Suspendidos Volátiles - 15/10/2019.... 78

Figura 36 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles - 15/10/2019..... 78

Figura 37 Concentración de Coliformes Fecales - 15/10/2019..... 79

Figura 38 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 22/10/2019 80

Figura 39 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Totales - 22/10/2019..... 81

Figura 40 Concentración del Sólidos Suspendidos Volátiles - 22/10/2019.... 82

Figura 41 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles - 22/10/2019..... 82

Figura 42 Concentración de Coliformes Fecales - 22/10/2019..... 83

Figura 43 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 06/11/2019 84

Figura 44 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Totales - 06/11/2019..... 84

Figura 45 Concentración del Sólidos Suspendidos Volátiles - 06/11/2019.... 85

Figura 46 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles - 06/11/2019..... 85

Figura 47 Concentración de Coliformes Fecales - 06/11/2019..... 86

Figura 48 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 27/12/2019 87

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Figura 49 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Totales - 27/12/2019 88

Figura 50 Concentración del Sólidos Suspendidos Volátiles - 27/12/2019 88

Figura 51 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles - 27/12/2019 89

Figura 52 Concentración de Coliformes Fecales - 27/12/2019 90

Figura 53 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 08/01/2020 91

Figura 54 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Totales - 08/01/2020 91

Figura 55 Concentración del Sólidos Suspendidos Volátiles - 08/01/2020 92

Figura 56 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles - 08/01/2020 92

Figura 57 Concentración de Coliformes Fecales - 08/01/2020 93

Figura 58 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 19/02/2020 94

Figura 59 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Totales - 19/02/2020 94

Figura 60 Concentración del Sólidos Suspendidos Volátiles - 19/02/2020 95

Figura 61 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles - 19/02/2020 96

Figura 62 Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Totales E.F. 97

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Figura 63 Porcentaje de remoción de SST durante todas las fechas de análisis - E.F. 97

Figura 64 Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Totales - L.T. 98

Figura 65 Porcentaje de remoción de SST durante todas las fechas de análisis - L.T. 99

Figura 66 Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - E.F. 100

Figura 67 Porcentaje de remoción de SSV durante todas las fechas de análisis - E.F. 101

Figura 68 Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - L.T. 102

Figura 69 Porcentaje de remoción de SSV durante todas las fechas de análisis - L.T. 102

Figura 70 Resumen de remoción de concentración de Sólidos Suspendidos Totales y Sólidos Suspendidos Volátiles 104

Figura 71 Comparación de los SST con los ECA – Cat. 4. 105

Figura 72 Comparación de los SSV con los ECA – Cat. 4..... 106

Figura 73 Diagrama de distribución normal con los valores críticos de aceptación de He1 en el caso de la remoción de Sólidos Suspendidos Totales con la Eisenia Foetida 119

Figura 74 Ubicación de t-student en el diagrama de distribución normal para la determinar la aceptación de He1 en el caso de la remoción de Sólidos Suspendidos Totales con la Eisenia Foetida 120

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Figura 75 Diagrama de distribución normal con los valores críticos de aceptación de He1 en el caso de la remoción de Sólidos Suspendidos Totales con la Lumbricus Terrestris 122

Figura 76 Ubicación de t-student en el diagrama de distribución normal para la determinar la aceptación de He1 en el caso de la remoción de Sólidos Suspendidos Totales con la Lumbricus Terrestris 122

Figura 77 Diagrama de distribución normal con los valores críticos de aceptación de He1 en el caso de la remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles con la Eisenia Foetida 124

Figura 78 Ubicación de t-student en el diagrama de distribución normal para la determinar la aceptación de He1 en el caso de la remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles con la Eisenia Foetida 125

Figura 79 Diagrama de distribución normal con los valores críticos de aceptación de He1 en el caso de la remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles con la Lumbricus Terrestris 127

Figura 80 Ubicación de t-student en el diagrama de distribución normal para la determinar la aceptación de He1 en el caso de la remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles con la Lumbricus Terrestris..... 128

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo describir la eficiencia en los niveles de remoción de parámetros tales que los sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos volátiles y coliformes fecales empleando la tecnología del lombrifiltro que está compuesta por diferentes lechos filtrantes y por dos especies de lombrices como lo son la Eisenia Foetida y la Lumbricus Terrestris. Este proyecto pretende contribuir en la mejora de la calidad de vida de los pobladores mediante el tratamiento del agua residual doméstica de la localidad de Tuyururi.

Para el desarrollo del presente estudio, se implementó una caja distribuidora para poder captar y repartir el caudal del sistema de desagüe proveniente de un biodigestor (tratamiento primario). Asimismo, se realizaron los cálculos, diseño y elaboración de planos de los medios filtrantes para un caudal preestablecido de Q = 0.3m^3/día, brindado como resultado de diseño un área superficial de As = 0.36m^2 y un tiempo de filtración igual a 0.83 m^3/m^2/día. De la misma manera, se realizó la construcción de los medios filtrantes respetando las dimensiones del plano, adicionando la construcción de una caja de evacuación para cada medio filtrante.

Según los resultados obtenidos en laboratorio se concluyó que la eficiencia de remoción promedio de los SST fue de 68.19% por parte de Eisenia Foetida y de 69.39% con la Lumbricus Terrestris. Con lo que respecta a los SSV, se obtuvo un nivel de remoción promedio de 67.77% con la Eisenia Foetida, mientras que un 72.5% con las Lumbricus Terrestris. En lo que respecta a los CF, no se mostró remoción alguna.

Palabras claves: Sólidos suspendidos totales, Sólidos suspendidos volátiles y Coliformes fecales.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ABSTRACT

The aim of this thesis is to describe the efficiency in the levels of removal of parameters such as total suspended solids, volatile suspended solids and fecal coliforms using worm fil- ter technology which is composed of different filter beds and two species of worms such as Eisenia Foetida and Lumbricus Terrestris.

This project aims to contribute to the improvement of the quality of life of the inhabi- tants by treating the domestic wastewater of the town of Tuyururi. For the development of this study, a distribution box was implemented to be able to capture and distribute the flow of the drainage system coming from a biodigestor (primary treatment). Likewise, the calcu- lations, design and elaboration of plans of the filter media were made for a pre-established flow of Q = 0.3m^3/día, provided as a result of design a surface area of As = 0.36m^2 and a filtration time equal to 0.83m^3/m^2/día. In the same way, the construction of the filter media was done respecting the dimensions of the plane, adding the construction of an evacuation box for each filter media.

According to the results obtained in the laboratory, it was concluded that the average removal efficiency of TSS was 68.19 % for Eisenia Feitida and 69.39 % for Lumbricus Te- rrestris. With regard to the SSV, an average removal level of 67.77 % was obtained with Esidenia Foetida, while 72.5 % with Lumbricus Terrestris. With respect to CF, no removal was shown.

Keywords: Total suspended solids, Volatile suspended solids and Fecal Coliforms.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

I. INTRODUCCIÓN

El tratamiento de las aguas servidas constituye un proceso fundamental en todos los lugares donde existen asentamientos humanos, debido a que de esta forma se disminuyen considerablemente los problemas sanitarios, potenciales daños al ecosistema y se logra una recuperación del recurso para ciertos usos. En Perú, el 70% de aguas residuales industriales y domésticas se vierte a los cursos de agua sin tratamiento, a diferencia de otros países que ya superaron ese problema (ANDINA, 2010).

Siendo América Latina una de las regiones más biodiversas del mundo y dueña de un tercio de las fuentes de agua del mundo, la contaminación del agua representa consecuencias ecológicas adversas al ser extraída, usada y devuelta completamente contaminada a los ríos, dando como resultado un 70% de las aguas residuales no tratadas. (Meoño, 2015)

En nuestro país, debido a la insuficiente infraestructura, los altos costos, la falta de mantenimiento y de personal capacitado, solo el 32% de agua residual recibe tratamiento antes de ser vertido a los cuerpos de agua natural (mar, ríos, lagos, quebradas). En el caso de Lima, que genera 1.2 millones de metros cúbicos de aguas residuales en los sistemas de alcantarillado, solo el 20% recibe tratamiento. (Centeno Torres, 2016)

En el distrito de Marcará y particularmente en la localidad de Tuyururi, se evidencia un inexistente tratamiento de aguas residuales domésticas que se generan diariamente, siendo vertidas directamente al río Marcará contaminando este ecosistema acuático. Por ello, es necesaria la participación de la ciudadanía para exigir una mejor calidad de vida a sus funcionarios y autoridades. Teniendo en consideración estos aspectos, para la realización de la presente tesis de investigación, se implementó un tratamiento de aguas residuales mediante el método del lombrifiltro cuyos principales degradadores de materia orgánica son las lombrices. Todo el proceso está compuesto por capas o estratos filtrantes, sin embargo, las lombrices y un gran número

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

de microorganismos se encargan de absorber y digerir la materia orgánica. En ese sentido, se planteó la siguiente problemática: ¿Al comparar los medios filtrantes empleando la Lumbricus Terrestris y Eisenia Foetida, se podrá definir qué medio remueve mejor los sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos volátiles y coliformes fecales en climas andinos?, frente a ello se estableció la siguiente hipótesis: son semejantes las remociones de sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos volátiles y coliformes fecales comparando los medios filtrantes empleando la Eisenia Foetida y Lumbricus Terrestris en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la localidad de Tuyururi – Marcará – 2019.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Comparar los filtros teniendo como medio filtrante a la Eisenia Foetida y la Lumbricus Terrestris para la remoción de sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos volátiles y coliformes fecales de las aguas residuales domésticas en climas andinos – 2019.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la caracterización de las aguas residuales domésticas de la localidad de Tuyururi.
- Implementar un sistema de lombrifiltro, empleando dos medios filtrantes con las especies lombrices Eisenia Foetida y Lumbricus Terrestris de forma independiente.
- Determinar los parámetros físico-químicos (Turbiedad, Temperatura, pH, sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos volátiles) y coliformes fecales, de las aguas residuales domésticas de la localidad de Tuyururi.

- Describir el nivel de remoción de coliformes fecales, sólidos suspendidos totales y sólidos suspendidos volátiles en los medios filtrantes con la especie de Eisenia

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Foetida y Lumbricus Terrestris, utilizadas en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la localidad de Tuyururi.

1.2. HIPÓTESIS

Comparando los niveles de remoción de sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos volátiles y coliformes fecales se podrá determinar que medio filtrante empleando la Eisenia Foetida y Lumbricus Terrestris es la más eficiente en el tratamiento de las aguas residuales domésticas de la localidad de Tuyururi – Marcará– 2020.

1.3. VARIABLES

- **Variable Independiente:** Filtros como medio filtrante a la Lumbricus Terrestris y Eisenia Foetida.

- **Variable dependiente:** Remoción de sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos volátiles y coliformes fecales de las aguas residuales domésticas en climas andinos -Marcará- Carhuaz -2019

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

La operacionalización de variables, donde se describe las variables, indicadores, escala y medición.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	DIMENSIONES	ESACALA DE MEDICIÓN	TIPO DE VARIABLES
Variables Independientes: Empleo de Filtros como medio filtrante a la Lumbricus Terrestris y Eisenia Foetida	Tratamiento que remueve los contaminantes del agua residual como físicos, químicos y biológicos.	Determinación instrumental de campo y laboratorio	Caudal de diseño	Comportamiento hidráulico	m^3/d	Numérico continuo
			SSV	Condiciones físico químicas	mg/L	Numérico continuo
			Coliformes Fecales	Condiciones biológicas	NMP/100	Numérico discreto
			TRH	Comportamiento hidráulico	min	Numérico continuo
			Temperatura del agua residual	Condiciones físico químicas	°C	Numérico continuo
			pH	Condiciones físico químicas	Unidad	Numérico continuo
			SST	Condiciones físico químicas	mg/L	Numérico continuo

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

						Numérico continuo
			Área superficial	Comportamiento hidráulico	m^2	
			Turbiedad	Condiciones físico químicas	UNT	
Variables Dependientes: Remoción de sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos volátiles y coliformes fecales de las aguas residuales domésticas en climas andinos – Marcará – Carhuaz - 2019	Son parámetros ampliamente utilizados para controlar la calidad de las aguas, ya que permite medir la contaminación de las mismas.	Determinación de los valores del afluente y efluente en laboratorio	SST, SSV	Condiciones físico químicas	mg/L	Numérico continuo
			Coliformes Fecales	Condiciones biológicas	NMP/100	Numérico discreto
			PH	Condiciones físico químicas	Unidad	Numérico continuo
			Turbiedad	Condiciones físico químicas	UNT	Numérico continuo

Fuente: Propia

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL

- Se implementó en la Escuela Superior Politécnica Chimborazo un biofiltro Tohá a escala piloto para el tratamiento de aguas residuales domésticas procedentes de la Comunidad Langos La Nube – Ecuador, El tanque de biofiltración se rellenó por capas de piedra bola y grava en un 30%, aserrín viruta y humus en un 70% para la introducción del estrato humus se realizó la adaptación de Eisenia foétida (lombriz roja californiana. En el lombrifiltro se evaluó los siguientes parámetros: pH, conductividad, turbiedad, amonios, DBO5, Demanda Química de Oxígeno (DQO), nitratos, fosfatos y Sólidos Disueltos Totales (TDS), en la biorremediación del agua residual se consiguió porcentajes de remoción en los parámetros de turbiedad 77.69%, amonios 68.24%, DQO 51.69%, DBO5 84.38%, nitratos 80.00%, fosfatos 73.47% y TDS 22.96%, se obtuvo un incremento de pH de 0.06 Und. y una reducción en la conductividad de 480 µSiems/cm (CORONEL PAZMIÑO, 2015)

- La Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, desarrolló un sistema de tratamiento para aguas residuales domésticas, mediante la aplicación de lombrices (E. Foetida), denominado técnica Tohá o Lombrifiltro, con resultados exitosos los cuales fueron eficientes en la remoción de materia orgánica y microorganismos patógenos (A.V.F., 2013).

- En la Universidad de Chile se realizó estudios en la evaluación ambiental del Sistema Tohá en la remoción de Salmonella en Aguas servidas domésticas. Los resultados arrojaron un 80% de eficiencia en la remoción de Salmonella y una remoción de 5 coliformes totales y fecales de 6 escalas logarítmicas de (107 a 100). En las pruebas de calidad de agua, el Sistema resultó ser efectivo en un

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

95% en la remoción de DBO5, un 80 % en sólidos suspendidos totales (SST), y un 70 % en nitrógeno y fósforo (Arango, 2003).

2.1.2. A NIVEL NACIONAL

- La eficiencia de remoción de contaminantes de las aguas residuales de la ciudad de Bagua fue comparada entre dos especies de lombrices. Por un lado, la E. Foetida obtuvo una remoción promedio del 73%, mientras que la L. Terrestris lo hizo en un 63%, demostrándose en esta investigación que la especie E. Foetida fue más eficiente para la remoción de contaminantes. Además los parámetros que removieron los dos sistemas fueron: Temperatura 4,99%, sulfatos 78,33%, fosforo total 51,93%, nitratos 67,52%, nitrógeno total 68,04%, aceite y grasas 29,98%, sólidos suspendidos totales 31,36%, DBO5 94,51%, DQO 94,96%, coliformes totales 90,18%, coliformes fecales 91,36%, pH 2,52%, sólidos disueltos totales 22,76% (Acuña & col., 2015).
- En el distrito de Chachapoyas, se realizó el tratamiento de las aguas residuales mediante lombrifiltro utilizando lombriz de tierra (Lumbricus terrestris) y la lombriz roja californiana (Eisenia foetida), donde se obtuvo como resultado que la especie EF redujo en un 92% la DBO5, 86% DQO, 78% NT, 84.4% turbidez, 93% pH y 84% en CT a diferencia de la especie LT que obtuvo una reducción del 91% en la DBO5, 84% DQO, 77% NT, 83% turbidez, 93% pH y 80% en CT. Indicando que la especie EF es más eficiente en la remoción de los contaminantes del agua residual doméstica con un promedio de 87% en comparación con la especie LT que logró un 85%. (Saboya Rios, 2018)
- En el proyecto medioambiental Manchay Verde – Villa El Salvador, se decidió implementar un sistema de depuración biológica llamado el Lombrifiltro donde se usó la especie de lombriz Eisenia foetida para verificar la eficiencia de remoción de contaminantes, analizando los siguientes parámetros de control (DBO, DQO, CF). La remoción que arroja el análisis

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

de laboratorio es de: 95.46% DBO, 90.84% DQO, 99.37% Coliformes Fecales. (GALLEGOS VALQUI, 2019)

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Son las aguas de origen principalmente residencial y otros usos similares que en general son recolectados por sistemas de alcantarillado en conjunto con otras actividades (comercial, servicios, industria). Contiene principalmente desechos humanos, animales y otros de tipo casero, además deben agregarse las aguas provenientes de infiltraciones subterráneas (Lacrampe, 1992).

A. Parámetros físicos

A.1. Temperatura

La temperatura de un agua residual varía de estación en estación y también con la posición geográfica. En regiones frías, la temperatura varía de °C a 18°C mientras que en regiones cálidas la variación será de 13◦C a 30°C. La tempera- tura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana está en el rango 25°C a 35°C (García, 2012).

A.2. Turbiedad

Este parámetro se emplea para indicar la calidad de las aguas vertidas o de las aguas naturales en relación con la materia coloidal y residual en suspensión. La medición de la turbiedad se lleva a cabo mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones (Standard Methods for the Examination of Water, 1995).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

A.3. Sólidos totales en suspensión

Se encuentran constituidos por sólidos sedimentables, sólidos en suspensión y sólidos coloidales, cuyo tamaño de partícula no pase del filtro estándar de fibra de vidrio (1,5 µm). La materia en suspensión está compuesta por partículas orgánicas e inorgánicas inmiscibles que se encuentran en el agua. Dentro de las partículas orgánicas tenemos; fibras de plantas, células de algas, bacterias, protozoarios y sólidos biológicos. Por otra parte, arcilla, arena y sales son elementos considerados como partículas inorgánicas (Toasa, 2012).

A.4. Sólidos suspendidos volátiles

Estos solidos pueden ser volatilizados e incinerados cuando los sólidos suspendidos totales son calcinados (500˚C +- 50˚C).

B. Parámetros químicos

B.1. pH

Es usado universalmente para determinar si una solución es ácida o básica, es la forma de medir la concentración de iones hidrógeno en una disolución. La escala de pH contiene una serie de números que varían de 0 a 14, esos valores miden el grado de acidez o basicidad de una solución. Los valores inferiores a 7 y próximos a cero indican aumento acidez, los que son mayores de 7 y próximos a 14 indican aumento de basicidad, mientras que cuando el valor es 7 indican neutralidad. (García, 2012).

B.2. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

Es la cantidad de oxigeno que requieren los microorganismos para oxidar la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias. La DBO5 es el parámetro más usado para medir la calidad de aguas residuales y superficiales, para determinar la cantidad de oxigeno requerido, para

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras; el tiempo de incubación de la DBO generalmente es de 5 días (Romero J. , 2002).

B.3. Demanda química de oxígeno (DQO)

La DQO se emplea para medir el contenido de materia orgánica de las aguas residuales. Mide el oxígeno equivalente químicamente mediante un agente químicamente fuerte, por lo general dicromato de potasio, en un medio ácido y a alta temperatura. La DQO es útil como parámetro de concentración orgánica en aguas residuales a la vida biológica. La concentración de DQO en los efluentes vertidos a los cuerpos de agua no debe sobrepasar los 200 mg/l, aunque para la óptima conservación de los ambientes acuáticos debe estar por debajo de los 40 mg/l (Romero J. , 2002).

C. Parámetros biológicos

Las características biológicas de las aguas residuales son de fundamental importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos de origen humano y por el papel activo y fundamental de las bacterias y otros microorganismos dentro de la descomposición y estabilización de la materia orgánica, bien sea en el medio natural o en plantas de tratamiento de aguas residuales (García, 2012).

C.1. Organismos Patógenos

Los organismos patógenos que pueden existir en las aguas residuales son, generalmente, pocos y difíciles de aislar e identificar. Por esta razón se prefiere utilizar a los coliformes como organismo indicador de contaminación. Los grupos de coliformes más estudiados en las aguas

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

residuales son los fecales y totales. Los efluentes vertidos a los cuerpos de agua no deben exceder los 5 000 NMP/100 ml en coliformes totales, en tanto que coliformes fecales deben estar por debajo de los 1 000 NMP/100ml (Galvis & Rivera, 2013).

C.2. Coliformes

Los coliformes son un grupo de bacterias que incluyen los géneros Escherichia y Aerobacter. Por constituir un grupo muy numeroso, 2×10^{11} organismos por persona en un día, en los excrementos humanos, se usa como indicadores de contaminación, por organismos patógenos, en el agua. El hecho de que los Aerobacter y ciertos Escherichia pueden crecer en el suelo, no permite afirmar siempre que la presencia de coliformes la cause la contaminación fecal. En aguas residuales se usa el ensayo de coliformes fecales, bacterias que producen gas, como indicador de la presencia posibles de patógenos.

Dentro del grupo de coliformes se considera a la Escherichia coli de origen contaminación fecal exclusivamente, y por ello es el organismo indicador preferido de contaminación fecal. Con base con el ensayo de coliformes, un agua puede clasificarse como se indica en la tabla (Romero & Jairo, 2000).

Tabla 1

Calidad de agua según NMP de coliformes

CLASE	NMP/100mL
1. Agua apta para purificación con sólo desinfección	<50
2. Agua apta para purificación con tratamiento convencional	50 – 5 000
3. Agua contaminada que requiere tratamiento especial	5 000 – 50 000
4. Agua contaminada que requiere tratamiento muy especial	>50 000

Fuente: (Romero J. , 2002)

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

2.2.2. MÉTODO DEL LOMBRIFILTRO

A. Historia del lombrifiltro

Fue impulsado por José Tohá, investigador de la Universidad de Chile (1947). El Sistema Tohá hasta en la actualidad viene siendo estudiado ampliamente en la estación de Cexas, Melipilla, donde se encuentra la primera réplica del tratamiento de aguas residuales para una población de 1000 personas; esta fue construida y diseñada aproximadamente en el año de 1994 con el financiamiento de FONDEF. Además, se sigue estudiando y mejorando el método hasta la actualidad (Coila, 2013).

B. Lombrifiltro

El lombrifiltro es un sistema de tratamiento biológico de aguas residuales, ya sean de origen doméstico o industrial, basado en el uso de lombrices. En este sistema no es necesario realizar tratamientos primarios, secundarios ni terciarios porque este sistema cuenta con diferentes etapas que reemplazan estos tratamientos, no genera lodos debido a que la materia orgánica es consumida por las lombrices, además no requiere de aditivos químicos. Según estudios anteriores el sistema presenta una alta eficiencia en la eliminación de los parámetros contaminantes del agua. Así mismo, sus costos de inversión y operación son bajos, con respecto a otros tratamientos tradicionales de aguas residuales.

Tabla 2

Índice de eficiencia

PARÁMETROS	EFICIENCIA
1. Coliformes fecales	99%
2. DBO5	95%
3. Sólidos suspendidos totales	93%
4. Sólidos suspendidos volátiles	93%

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

5. Nitrógeno total	60%-80%
6. Aceite y grasas	80%
7. Fósforo total	60%-70%

Fuente: (Hernandez, 2015)

El sistema de lombrifiltro, posee características que la hace especialmente atractiva para el tratamiento de las aguas servidas de pequeñas localidades rurales. Además, resulta ser una biotécnica de transformación que ofrece las mayores ventajas:

- Cumplen con las emisiones ambientales de descargas.
- Es un proceso rápido, que elimina inconvenientes desagradables como el olor y las Moscas.
- Es extraordinariamente económica.
- Es de fácil gestión. Es hoy en día el único sistema de transformación que nos permite al final del ciclo obtener al mismo tiempo, por un lado, humus de lombriz, que representa el máximo de calidad en términos de fertilización orgánica, y, por otro lado, grandes cantidades de proteínas de excelente calidad.

C. Descripción de las capas del lombrifiltro

EL lombrifiltro empleado para el presente proyecto está conformado por tres capas. La primera capa está compuesta de aserrín o viruta (residuos de madera) en mezcla con las lombrices, cuyo espesor recomendable para un eficiente resultado es de 25 cm de altura según sea el caudal y cantidad de agua a tratar. Además, el aserrín tiene como fin primordial servir de alimento a las lombrices en el eventual caso que la carga contaminante del afluente no sea suficiente.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

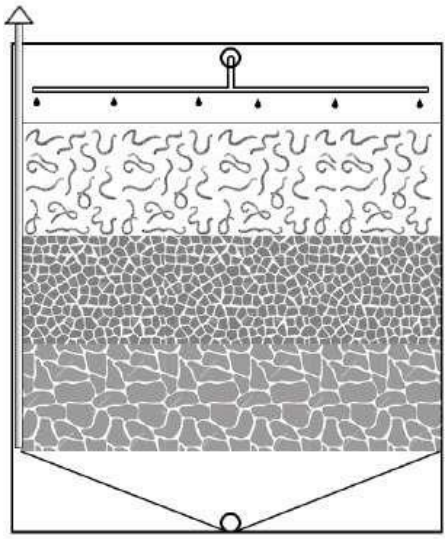


Figura 1 Capas del lombrifiltro

La segunda capa está constituida por ripio o grava de distintas granulometrías, es aconsejable utilizar piedras trituradas del tipo antracita ya que esta facilita la creación rápida de biopelícula (ecosistema microbiano organizado, conformado por uno o varios microorganismos) que se responsabiliza mediante su consumo a la materia orgánica del agua que no fue tratada en primera estancia. Finalmente, la tercera capa está formada de piedras enteras que cumplen la función de soporte y también de filtro, las piedras de mayor tamaño van en la parte inferior esto por el peso y las de menor en la parte superior.

La parte inferior del sistema consiste en una losa de concreto con cierta pendiente (aproximadamente de un 1%) para que fluya el agua hacia un estanque. Asimismo, en el área interna del lombrifiltro se instaló un tubo de PVC de 2" que sobresale del lecho filtrante para la correcta aireación del tratamiento.

D. Lombriz de tierra (Lumbricus Terrestris)

Las lombrices de tierra con nombre científico Lumbricus Terrestris son gusanos segmentados celomados de hábitos fundamentalmente terrestres, comunes en suelos húmedos y cuyo tamaño varía desde 1 cm de largo y 2 mm de

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

grosor, y llegan de adultos a medir hasta más de 1 m de largo y 3 cm de grosor. Todas las lombrices de tierra son hermafroditas y aunque predomina la reproducción sexual cruzada, algunas especies son partenogenéticas.

Asimismo, se describe como animales cuyo cuerpo esta extremadamente dividido en anillos o segmentos y por surcos intersegmentables que coinciden con la posición de los septos o tabiques que dividen el cuerpo. («Biodiversidad de lombrices de tierra (Biodiversidad de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta: Crassiclitellata), 2014).

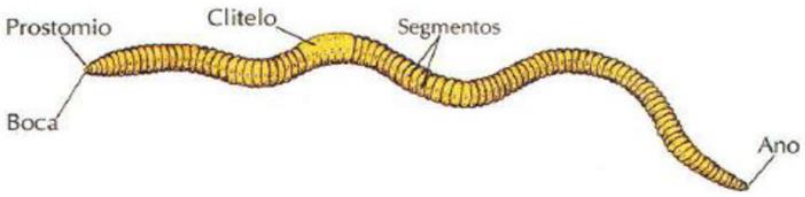


Figura 2 Representación esquemática de una lombriz de tierra

Fuente: (Domínguez, Aira, & Gómez, 2009)

Las lombrices son animales que no poseen esqueleto (invertebrados) del tipo anélidos. Tienen un sistema muscular muy desarrollado lo que les facilita el movimiento. No tienen ojos, pero si células especiales en todo el cuerpo sensibles a la luz solar. Casi a un cuarto de longitud desde la cabeza presentan un anillo llamado clitelum que ayuda en el proceso de reproducción ya que, al efectuarse la cópula, este produce una substancia mucosa que se forma envolviendo a los dos animales acopiando (Avilés, 2011).

Además, esta especie tiene una vida media de unos cuatro años. Durante la estación frío queda aletargada, reiniciando su actividad cuando llega la estación templada. Es poco prolífica. Deposita sus deyecciones sobre la superficie del terreno, con lo cual una parte de ellas puede ser dispersada por el viento y por el agua de lluvia o de riego. La lombriz de tierra no es apta para explotarla en cautividad. Su rendimiento en humus y en carne de lombriz es

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

muy escaso, debido a su poca prolificidad. Además, requiere unas instalaciones muy costosas, pues este animal tiene una tendencia natural a abandonar el lugar en donde inicialmente ha sido instalado (Fuentes, 2010).

Figura 3 Lombriz de tierra (Lumbricus Terrestris)

Fuente: (Fuentes, 2010)

A continuación, se muestra el resumen de las características de las tres categorías ecológicas de lombrices.

Tabla 3

Comparación de los tipos de lombrices de tierra

CATEGORÍA ECOLÓGICAS			
CARACTERÍSTICAS	**EPIGEAS**	**ANÉCICAS**	**ENDÓGEAS**
Localización	Sobre el suelo	Intemperie del suelo y salidas nocturnas en la superficie	Permanencia en el suelo
Tamaño	Pequeño: 4-10 cm	Grande: 15-25 cm	Medio: 10-20 cm
Color	Rojo oscuro	Marrón y algunos rosados	Color rosa poco uniforme
Reproducción	Alta	Intermedio	Bajo
Alimentación	Materia orgánica	Materia orgánica y orgánico mineral	Material mineral

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Actividad mecánica	Débil	Intensa: Sus heces son visibles en la superficie del suelo	Intensa
Interés económico	Máximo	Máximo	Importante

Fuente: (Hernandez, 2015)

E. Lombriz Roja Californiana (Eisenia Foetida)

Este animal tiene un cuerpo alargado cilíndrico, el cual se adelgaza en sus extremos, formado por 94 a 96 anillos donde cada uno tiene una función específica. Son invertebrados que se mueven por contracción de sus anillos y músculos. Las lombrices recién nacidas, cuyo número oscila entre 2 a 21 ejemplares, son de color blanco, se vuelven rosadas a los 5 o 6 días y se convierten definitivamente a rojo oscuro de los 15 a 20 días; al nacer miden 1 mm y cuando es adulta 6 a 8 cm; su diámetro oscila entre 3 a 5 mm y tiene un peso que oscila entre 0.4 y 0.6 gr, aunque en estado adulto pueden alcanzar 1 gr.

La lombriz es hermafrodita insuficiente, es decir tiene ambos sexos, pero necesita aparearse para reproducirse. Cada lombriz está dotada de un aparato genital masculino y de un aparato genital femenino. Si bien es cierto este tipo de lombriz se alimenta de desechos orgánicos, no es el único agente que tiene tal misión. Para el proceso biológico involucrado en la filtración de agua servida a través de un lecho con lombrices, los microorganismos presentes en el sustrato permiten, en más de un 50% la degradación de la materia orgánica, siendo la lombriz muy útil en la aireación, remoción y porosidad del medio, con su movimiento incansable. De esta forma se logra un sistema de degradación de materia orgánica y purificación de aguas servidas autosustentable, al no exigir la entrega de energía externa para su operación (Salazar, 2005). Además, es una especie eurífoga, es decir, se alimenta con los más diversos desechos, especialmente, los de tipo orgánico, caracterizándose por su gran voracidad. En periodos cuando disminuye el aporte de nutrientes orgánicos, las lombrices pueden sobrevivir mejor en presencia de residuos carbónicos, independientemente de nutrientes orgánicos

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

tales como nitrógeno, fósforo y potasio. Esto demuestra la importancia de la celulosa en la dieta de la E. Foetida.

Esta lombriz ingiere una cantidad de comida equivalente a su propio peso y expelen el 60%transformándolo en humus, siendo el 40%restante en síntesis celular, respiración y otros procesos vitales. Es una especie que tiene gran tolerancia a la aglomeración, pudiendo cohabitar entre 4000 a 50 000 individuos por metro cuadrado. Es una especie muy prolífica, tiene una tasa de reproducción anual de 1:16, significando que cada 3 meses duplica su población (Salazar, 2005).

Figura 4 Lombriz roja californiana (Eisenia Foetida)

Tabla 4

Parámetros del alimento de la lombriz Eisenia Foetida

PARÁMETROS	NIVEL ADECUADO	PELIGRO DE MUERTE
Temperatura	15°C- 24°C	<5°C >37°C
Humedad	70 – 80%	<70% >80%
pH	6-8	<4.5 >8.5
Conductividad eléctrica	3 mmhos/cm	>8mmhos/cm
Proteínas	7.5% - 13%	<7.5% >18%

Fuente: (Hernandez, 2015)

En este tratamiento alternativo el cuerpo de la lombriz funciona como un filtro biológico debido a que en el intestino de la lombriz ocurren procesos de

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

fraccionamiento, síntesis y enriquecimiento enzimático y microbiano, lo cual tiene como consecuencia un aumento significativo en la velocidad de degradación y ha sido encontrado que este tratamiento es eficiente en términos de la disminución de los parámetros DQO, DBO, SST, STD; la mayor parte de las investigaciones que han sido realizadas alrededor de este tratamiento alternativo utilizan la lombriz de familia Lumbricidae, subfamilia Lumbricinae de género y especie Eisenia Foetida (López & Jazmín, 2007).

La fecundación se efectúa a través del Clitelo, cuyas glándulas producen el capullo o cápsula, desde donde emergen las lombrices después de 14 a 21 días de incubación, en un número que va de 2 a 21 ejemplares 27. Si bien es cierto este tipo de lombriz se alimenta de desechos orgánicos, no es el único agente que tiene tal misión. Para el proceso biológico involucrado en la filtración de agua servida a través de un lecho con lombrices, los microorganismos presentes en el sustrato permiten, en más de un 50% la degradación de la materia orgánica, siendo la lombriz muy útil en la aireación, remoción y porosidad del medio, con su movimiento incansable. De esta forma se logra un sistema de degradación de materia orgánica y purificación de aguas servidas autosustentable, al no exigir la entrega de energía externa para su operación (Salazar, 2005).

F. Metabolismo de las lombrices Eisenia Foetida y Lumbricus Terrestris en Climas andinas.

Las condiciones ideales del hábitat de la lombriz Eisenia Foetida corresponden a una temperatura que oscile entre los 15º y 24º C, siendo óptima aquella que se acerque lo más posible a la de su propio cuerpo (aproximadamente 20º C). En este sentido debe indicarse que la E. Foetida teme tanto al frío excesivo (0ºC) como al calor elevado (más de 42º C), ante los cuales disminuye su actividad sexual y producción de humus. De esta manera, la temperatura es otro de los factores que influyen en la reproducción, producción de humus o vermicompost y fecundidad de las cápsulas. Si la temperatura desciende por

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

debajo de 15º C las lombrices entran en un periodo de latencia, disminuyendo su actividad. Dejan de reproducirse, crecer y producir humus; además que alarga el ciclo evolutivo, puesto que los cocones (huevos) no eclosionan y pasan más tiempo encerrados los embriones, hasta que se presentan las condiciones del medio favorables. (Fuentes, 2010)

Mientras que las Lumbricus Terrestris tiene como Temperatura ideal de 10 a 12 grados centígrados. Estas exigencias de hábitat la incitan a vivir en galerías cuya profundidad puede superar los dos metros, ya que la mayor o menor profundidad en donde se desenvuelve depende de las condiciones del ambiente exterior, se reproducirán menos durante los meses más cálidos y los más fríos. Cuando la temperatura es inferior a 7°C, las lombrices no se reproducen, pero siguen produciendo abono, aunque en menor cantidad. (Fuentes, 2010)

G. El polvo de aserrín como sustrato para lombrices

El aserrín es un residuo de madera, posee una fácil descomposición en relación con la viruta y cuando el aserrín es mezclado con otros residuos de origen orgánico posee ventajas en cuanto a densidad, porosidad y aireación.

La utilización del aserrín en polvo para la producción de humus resulta eficiente cuando este se combina el 50% de aserrín con el 50% de estiércol cuando es mayor la cantidad de aserrín existe una considerable disminución en el proceso reproductivo de E. Foetida y se obtiene una deficiencia para la obtención del humus incrementando el tiempo para transformar el aserrín en humus lo que económicamente no resulta viable para este proceso (Coronel, 2015).

Además, tiene como finalidad principal servir de alimento a las lombrices en el eventual caso que la carga contaminante del afluente no sea suficiente.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

H. Procesos de remoción física, química y biológica mediante el lombrifiltro

H.1. Proceso de remoción físico mediante el método del lombrifiltro

Según (Domestic Waste Water Treatment By Bio- Filtration: A Case StudY. Journal of Geography, 2015) mencionan que el proceso de degradación de la materia orgánica, inicia cuando el agua residual es impulsado y rociada en la superficie del lombrifiltro, compuesto por las distintas capas ya descritas anteriormente, sin embargo, el trabajo depurable se encuentra en la parte superior del biofiltro donde se encuentra un alto número de lombrices y microorganismos. El agua residual escurre por el medio filtrante quedando retenida la materia orgánica, si bien para que las lombrices hagan un buen trabajo en la degradación de los contaminantes del agua residual es necesario que el estrato esté con los parámetros adecuados resistibles para las lombrices, como son el pH, temperatura y humedad a las que están expuestas si estos parámetros tienen valores muy bajo o extremos pueden causar la muerte de las lombrices.

Es importante mencionar que el lecho no se colmata. Esto debido a la acción de las lombrices que, mediante sus movimientos constantes, crean túneles y canales que aseguran en todo momento la alta permeabilidad del filtro (Parra & Chiang, 2013).

Así también el medio filtrante cumple una labor muy importante al igual que las lombrices, desde la antracita que puede ser una opción valiosa en el tratamiento hasta las piedras grandes sirven como filtradores, estos medios por naturaleza forman una especie biopelícula adherida al medio estas entran en contacto con las cargas orgánicas para el inicio del proceso de purificación". La comunidad biológica que se encuentra dentro del filtro, pertenece principalmente al reino protista, donde se encuentran: bacterias aeróbicas, anaeróbicas y facultativas, hongos, algas y protozoarios. Los microorganismos que predominan son las bacterias facultativas que son de gran ayuda para la

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

degradación y remoción de la turbiedad al igual que las lombrices (Application rates and filtering materials for biofilters in house sewage, 2013).

Asimismo, las lombrices se encargan de los sólidos suspendidos siendo consumida, creando un proceso de oxidación y transformándolas en anhídrido carbónico y agua, y la otra parte se constituye en masa corporal de las lombrices y la otra es eliminada por las deyecciones; estas últimas constituyen el llamado humus de lombriz (Quinchel J. , 2015).

H.2. Proceso de remoción químico mediante el Lombrifiltro

(Performance and mechanisms of a microbial-earthworm ecofilter for removing organic matter and nitrogen from synthetic domestic wastewater. Journal of Hazardous Materials, 2011) menciona que la alcalinidad es un parámetro determinante para que el proceso de desnitrificación, se lleve a cabo en condiciones adecuadas. Los carbonatos representados por la alcalinidad son colaboradores para la producción de biomasa de bacterias nitrificantes para ello es muy importante que este se encuentre en valores de pH de 6.5 a 7.5, frente a ello las lombrices al ingerir la materia orgánica y excretar estas producen diminutas cantidades de cal, regulando el pH de manera significativa en el agua residual.

Asimismo la inclusión del aserrín también es útil para disminuir el nitrógeno en todas sus variedades en las aguas residuales, ya que actúa como un bioadsorbente; es importante mencionar que las lombrices al interactuarse con el aserrín ambos terminan actuando en la reducción del nitrógeno ya que principalmente el aserrín es la alimentación directa de las lombrices y estas terminan disminuyendo en cantidades relevante al nitrógeno orgánico, siendo como un soporte en el tratamiento de aguas residuales mediante Lombrifiltros u otros tratamientos (Zhao, Yan, & Li, 2012).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

H.3. Proceso de remoción biológica mediante el Lombrifiltro

Una de las capas filtrantes está constituida por aserrín que directamente es el alimento de la lombrices sin embargo, indirectamente cumple una función en la degradación de la materia orgánica, esto debido a la presencia de bacterias filamentosas como Sphaerotilus Natans y Beggiatao entre otras, que terminan siendo un soporte para las bacterias nitrificantes y desnitrificantes estos microorganismos cumplen con la función principal de ejercer un control sobre las bacterias, también existe la presencia de bacterias las cuales estabilizan el agua residual siempre y cuando el pH sea entre 6. y 7.5 (Coronel, 2015).

La posible razón para la reducción de patógenos en el lombrifiltro puede atribuirse a diversas acciones de las lombrices tales como la acción enzimática intestinal, secreción de los fluidos del celoma que tienen propiedades antibacterianas, y el pastoreo selectivo (Sudipti & col., 2013)

Asimismo, el material filtrante crea una biopelícula adherida al medio, estas entran en contacto con las aguas residuales para dar el inicio del proceso de purificación. La comunidad biológica que se encuentra dentro del filtro pertenece principalmente al reino protista, donde se encuentran: bacterias aeróbicas y facultativas para el caso del lombrifiltro. Los microorganismos que predominan son las bacterias facultativas que son de gran ayuda para la degradación y remoción de la turbiedad al igual que las lombrices (Application rates and filtering materials for biofilters in house sewage, 2013).

2.2.3. MICROBIOLOGÍA DEL BIOFILTRO

Una de las capas filtrantes está constituida por aserrín donde encontramos bacterias filamentosas Sphaerotilus Natans y Beggiatao además de un consorcio bacteriano conformado por: Achromobacter, Flavobacterium, Pseudomonas y Alcaligenes, en los estratos inferiores las bacterias nitrificantes Nitrosomonas y Nitrobacter pueden generar malos olores debido a un ineficiente sistemas de

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ventilación mientras que en todo el sistema de filtración encontramos protozoos del grupo ciliata incluyendo Vorticella, Opercularia y Epistylis estos microorganismos cumplen con la función principal de ejercer un control sobre las bacterias, también existe la presencia de bacterias las cuales estabilizan el agua residual siempre y cuando el pH sea bajo o con cierto tipo de aguas residuales (Coronel, 2015).

El medio filtrante cumple una labor muy importante, desde las antracitas hasta las piedras grandes sirven como filtradores, estos medios por naturaleza forman una especie biopelícula adherida al medio, estas entran en contacto con las cargas orgánicas para el inicio del proceso de purificación. La comunidad biológica que se encuentra dentro del filtro, pertenece principalmente al reino protista, donde se encuentran: bacterias aeróbicas, anaeróbicas y facultativas, hongos, algas y protozoarios. Los microorganismos que predominan son las bacterias facultativas que son de gran ayuda para la degradación y remoción de la turbidez al igual que las lombrices. (Oliveira, Alves, Campos, Ferreira, & Soares Costa, 2013)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- ✓ **Agua residual doméstica:** Aguas residuales de origen doméstico, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana. (Ministerio de Vivienda, 2006).
- ✓ **Tratamiento primario:** Remoción de una considerable cantidad de materia en suspensión sin incluir la materia coloidal y disuelta. (Ministerio de Vivienda, 2006).
- ✓ **Tratamiento secundario:** Nivel de tratamiento que permite lograr la remoción de materia orgánica biodegradable y sólidos en suspensión. (Ministerio de Vivienda, 2006).
- ✓ **Afluente:** Agua u otro líquido que ingresa a una planta de tratamiento o proceso de tratamiento. (Ministerio de Vivienda, 2006).
- ✓ **Efluente:** Liquido que sale de un proceso de tratamiento. (Ministerio de Vivienda, 2006).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- ✓ **Eficiencia del tratamiento:** Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentaje. (Ministerio de Vivienda, 2006).
- ✓ **Aerobios:** Son aquellos microorganismos que pueden vivir y desarrollarse con presencia de oxigeno molecular libre. (Ministerio de Vivienda, 2006).
- ✓ **Anaerobios:** Son aquellos microorganismos que pueden vivir y desarrollarse en ausencia completa de oxigeno molecular libre. (Ministerio de Vivienda, 2006).
- ✓ **pH:** Logaritmo de signo negativo, de la concentración de iones hidrógeno expresado en moles por litro. (J. Lara, 2010).
- ✓ **TR:** Tiempo de Retención es un factor importante para la eficiencia en la remoción de los nutrientes en el humedal. (J. Lara, 2010).
- ✓ **SS (Sólidos Suspendidos):** Pueden dar lugar a al desarrollo de depósitos de fangos y de condición anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar a un entorno acuático. (J. Lara, 2010).
- ✓ **Sólidos en suspensión volátiles (SSV):** Son la cantidad de sólidos en suspensión que se volatilizan tras el proceso de incineración. (J. Lara, 2010).
- ✓ **ECA:** Estándares de Calidad Ambiental (Ministerio de Vivienda, 2006).
- ✓ **LMP:** Límites Máximos Permisibles para efluentes de plantas de tratamiento de agua residual. (Ministerio de Vivienda, 2006).
- ✓ **Biodegradable:** Producto o sustancia que puede descomponerse en elementos químicos naturales por la acción de agentes biológicos, como el sol, el agua, las bacterias, las plantas, etc.
- ✓ **Lombrifiltro:** El lombrifiltro es un biofiltro que contiene lombrices, a través del cual se hace pasar el agua servida.
- ✓ **Coliformes fecales:** Bacterias patógenas presentes en el intestino de animales de sangre caliente y humanos. Bacilos cortos Gram negativos no esporulados, también conocidos como coliformes termotolerantes. Pueden identificarse por su tolerancia a temperaturas de 44°C - 45°C.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- ✓ **Biofiltro:** También denominados filtros biológicos, son dispositivos que eliminan una amplia gama de compuestos contaminantes de una corriente de fluido (aire o agua) mediante un proceso biológico.
- ✓ **Bacterias:** organismos unicelulares (que tienen una sola célula).
- ✓ **Bacterias aeróbicas**: organismos unicelulares que necesitan la presencia del oxígeno para poder vivir o desarrollarse.
- ✓ **Sólidos Totales (ST):** Se definen como "toda la materia que queda como residuo después de someter a evaporación una muestra de agua a temperaturas comprendidas entre 103-105 ºC.

  No se define como sólida aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor" (METCALF, 1995)
- ✓ **Temperatura:** A temperaturas más elevadas, la actividad biológica desarrollada es mayor, este es hasta los 30ºC aproximadamente. Esto es debido a que, a medida que incrementa la temperatura, la viscosidad disminuye, resultado una sedimentación mayor. (Lacrampe, 1992)
- ✓ **Olor:** La evacuación de las aguas residuales frescas, son prácticamente inodoras. Los olores a podrido tales como: el ácido sulfúrico, mercaptanos, amoniaco y aminas, indol, escatol, u otros productos de descomposición, indican claramente que las aguas están en estado de descomposición. (Lacrampe, 1992)
- ✓ **Color:** A menudo, la coloración es indicador de la composición y congregación de las aguas residuales, las cuales varían de gris a negro según la cantidad de materia orgánica que al interior. El color gris de las aguas es una característica que señalan que son residuales normales y muy frescas; Se pueden caracterizar como alteradas o sépticas si los colores de las aguas son de color negro o muy oscuro. "Esto afecta a la difusión de la radiación en el medio (y por tanto a la fotosíntesis) a la vez que provoca una mayor absorción de energía solar, por lo que la temperatura puede aumentar ligeramente respecto a la esperable.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- ✓ **Turbidez:** Se manifiesta mediante la “existencia en el agua de materia en suspensión de pequeño tamaño: limos, arcillas, etc., y cuanto mayor es, mayor es la contaminación del agua.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

III.MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. SEGÚN PROPÓSITO O APLICACIÓN

La investigación es de tipo aplicativo, por la aplicación de los conocimientos existentes a la solución de un problema inmediato. (HERNANDEZ SAMPIERI)

3.1.2. SEGÚN NATURALEZA DE LOS DATOS

Según la naturaleza de los datos se tiene una investigación de tipo cuantitativa porque se basa en el estudio y análisis de la realidad a través de diferentes procedimientos sustentados en la medición, pueden ser tratadas mediante herramientas del campo de la estadística. (HERNANDEZ SAMPIERI)

3.1.3. SEGÚN LOS MEDIOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS

Según los medios para la obtención de datos, se tiene una investigación de laboratorio, por que comprende las observaciones minuciosas y detalladas de un fenómeno en un sitio. (HERNANDEZ SAMPIERI)

3.1.4. SEGÚN MANIPULACIÓN DE VARIABLES

Según la manipulación de variables la investigación es cuasi-experimental ya que se pretende encontrar una relación causa-efecto entre las variables independientes y las dependientes. (HERNANDEZ SAMPIERI)

3.1.5. SEGÚN EL TIPO DE INFERENCIA

La investigación es de tipo hipotético-deductivo, ya que se plantea un problema a través de observaciones realizadas de un caso particular, remitiéndolo a la formulación de una hipótesis luego de un proceso de inducción y que a través de un razonamiento deductivo se intenta validar dicha hipótesis empíricamente. (HERNANDEZ SAMPIERI)

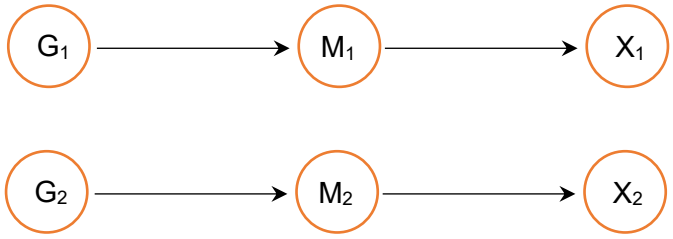
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3.1.6. SEGÚN EL PERIODO TEMPORAL

La investigación es de tipo longitudinal puesto que las variables de estudio son medidas durante un período de días, es decir, se trata de un estudio de seguimiento debido a que son muestras relacionadas. (HERNANDEZ SAMPIERI)

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El proceso de investigación asume un diseño cuasi experimental: la muestra (agua residual) sometido a dos lombrifiltros independientemente con un mismo estímulo y dos mediciones diferentes. Se muestras el diseño cuasi experimental:



Donde G_1 hace referencia al medio filtrante con Eisenia Foetida, mientras que G_2 viene a ser el medio filtrante con Lumbricus Terrestris. Asimismo, M_1 y M_2 representan al grupo de muestra de las aguas residuales domésticas de la localidad de Tuyururi. Además, X_1 y X_2 simbolizan los resultados de remoción de SST, SSV y CF.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. TÉCNICA

La técnica de recolección de datos fue la observación aplicándose, para monitorear y registrar la información a través del cuaderno de campo, instrumentos y equipos de medición para la medición de pH, Temperatura y Humedad relativa.

Por otro lado, se realizó el muestreo en el LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

de los parámetros Turbidez, SST, SSV y Coliformes Fecales, para evidenciar el comportamiento de la eficiencia de remoción de los contaminantes.

Las informaciones recopiladas permitirán describir los niveles de remoción.

3.3.2. MÉTODOS

Los métodos utilizados son:

- **Método para Determinar la turbiedad**

La turbidez se determina en Unidades Nefelométricas de turbidez, o Nephelometric Turbidity Unit (NTU). El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua.

- **Método para Determinar el pH**

Para medir el pH de una disolución podemos emplear dos métodos, en función de la precisión con que queramos hacer la medida: Para realizar medidas del pH que no necesiten ser muy precisas se utilizan unas sustancias llamadas indicadores, que varían reversiblemente de color en función del pH del medio en que están disueltas. Se pueden añadir directamente a la disolución o utilizarlas en forma de tiras de papel indicador.

Para realizar medidas exactas se utiliza un pH-metro, que mide el pH por un método potenciométrico. La presente investigación se basó en medir el pH con el pH-metro que cuanta el laboratorio de la universidad cesar vallejo.

- **Método para Determinar la Temperatura**

Normalmente, las medidas de temperatura pueden realizarse con cualquier termómetro Celsius de mercurio, que, como mínimo, deberá tener una escala con

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

marcas cada 0,1 °C sobre el tubo capilar y una capacidad térmica mínima que permita un equilibrado rápido. Compruébese periódicamente con un termómetro de precisión certificado por el National Institute of Standards and Technology (NIST, antes National Bureau of Standards), que se utiliza con su certificado y cedula de corrección. Para operaciones de campo, utilícese un termómetro con estuche metálico a fin de evitar roturas.

- **Métodos para determinar los sólidos suspendidos totales**.

Método gravimétrico

Determina los diferentes tipos de materiales sólidos que constituyen el valor absoluto de los sólidos totales. Analiza la importancia de la naturaleza de los diferentes tipos de materiales sólidos que le confieren una calidad a las aguas residuales.

- **Métodos para determinar los sólidos suspendidos volátiles**.

El método se basa en la evaporación y calcinación de la muestra, en donde los residuos de una y otra operación sirven de base para el cálculo del contenido de sólidos. (Cabrera, 2017)

- **Métodos para determinar los coliformes fecales**

La detección y enumeración de coliformes fecales y totales se realizó por la técnica del número más probable o tubos múltiples de fermentación (NMP), según la NC-ISO 4831:2010 (2), NC-ISO 7218: 2013 (3) y NC 968:2013 (4)

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. POBLACIÓN

La población de la investigación es el agua residual doméstica generado por la localidad de Tuyururi del distrito de Marcará - 2019.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3.4.2. MUESTREO

El tipo de muestreo será del tipo no probabilístico, y el muestreo será por cuotas; debido a que la localidad contará con una descarga de aguas residuales domésticas que llegará a tanques sedimentadores primarios y a los lombrifiltros, el cual permitirá tener dos cargas másicas en función a los (sólidos suspendidos totales, solidos suspendidos volátiles y coliformes fecales) distintas, del efluente.

3.4.3. MUESTRAS

A. MUESTRAS TOMADAS

La muestra será por cuota, será tomada en el efluente de los sedimentadores primarios, para nuestro caso el caudal total para ambos lombrifiltros es de 0.6 m^3/día, para luego pasar a cada uno de los medios filtrantes con un caudal de 0.3 m^3/día.

Para la presente tesis, los muestreos se indican en las siguientes tablas:

Tabla 5

Tabla de muestreos tomados del lombrifiltro con Eisenia Foetida con los parámetros de SST, SSV y CF

PERIODO		MUESTRA	PARÁMETROS		
			SST (mg/l)	SSV (mg/l)	COLIFORMES FECALES (NMP/100 ml)
PRIMER MES	15/10/2019	Entrada	140	80	11000000
		Salida N°01	18	12	11000000
	22/10/2019	Entrada	71	36	11000000
		Salida N°01	13	11	11000000
	29/10/2019	Entrada	0	0	0
		Salida N°01	0	0	0
SEGUNDO MES	06/11/2019	Entrada	126	121	11000000
		Salida N°01	46	31	11000000
	13/11/2019	Entrada	0	0	0
		Salida N°01	0	0	0
	20/11/2019	Entrada	476	224	11000000
		Salida N°01	18	14	11000000
	27/11/2019	Entrada	0	0	0

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

		Salida N°01	0	0	0
TERCER MES	04/12/2019	Entrada	226	82	11000000
		Salida N°01	68	34	11000000
	11/12/2019	Entrada	0	0	0
		Salida N°01	0	0	0
	18/12/2019	Entrada	0	0	0
		Salida N°01	0	0	0
	27/12/2019	Entrada	71	41	11000000
		Salida N°01	15	14	11000000
CUARTO MES	08/01/2019	Entrada	64	37	11000000
		Salida N°01	36	17	11000000
	15/01/2019	Entrada	0	0	0
		Salida N°01	0	0	0
	22/01/2019	Entrada	0	0	0
		Salida N°01	0	0	0
	29/01/2019	Entrada	0	0	0
		Salida N°01	0	0	0
QUINTO MES	19/02/2020	Entrada	24	19	11000000
		Salida N°01	11	8	11000000

Tabla 6

Tabla de muestreos tomados del lombrifiltro con Lumbricus Terrestris con los parámetros de SST, SSV y CF

PERIODO		MUESTRA	PARÁMETROS		
			SST (mg/l)	SSV (mg/l)	COLIFORMES FECALES (NMP/100 ml)
PRIMER MES	15/10/2019	Entrada	140	80	11000000
		Salida N°02	22	12	11000000
	22/10/2019	Entrada	71	36	11000000
		Salida N°02	19	8	11000000
	29/10/2019	Entrada	0	0	0
		Salida N°02	0	0	0
SEGUNDO MES	06/11/2019	Entrada	126	121	11000000
		Salida N°02	44	11	11000000
	13/11/2019	Entrada	0	0	0
		Salida N°02	0	0	0
	20/11/2019	Entrada	476	224	11000000
		Salida N°02	23	30	11000000
	27/11/2019	Entrada	0	0	0
		Salida N°02	0	0	0

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

TERCER MES	04/12/2019	Entrada	226	82	11000000
		Salida N°02	58	26	11000000
	11/12/2019	Entrada	0	0	0
		Salida N°02	0	0	0
	18/12/2019	Entrada	0	0	0
		Salida N°02	0	0	0
	27/12/2019	Entrada	71	41	11000000
		Salida N°02	20	17	11000000
CUARTO MES	08/01/2019	Entrada	64	37	11000000
		Salida N°02	26	17	11000000
	15/01/2019	Entrada	0	0	0
		Salida N°02	0	0	0
	22/01/2019	Entrada	0	0	0
		Salida N°02	0	0	0
	29/01/2019	Entrada	0	0	0
		Salida N°02	0	0	0
QUINTO MES	19/02/2020	Entrada	24	19	11000000
		Salida N°02	9	6	11000000

En referencia a las fechas donde los parámetros tienes valores nulos, cabe señalar que no fueron procesados para el análisis ya que las muestras fueron mal tomadas y por ende descartadas. De la misma manera, respecto a las fechas 20/11/2019 y 04/12/2019, los parámetros analizados (SST y SSV) mostraron valores elevados que alteran el tipo de estudio empleado para esta investigación (prueba t).

El descarte de los datos no afecta severamente nuestro estudio debido a que el tipo de estudio a emplear será la prueba t para muestras relacionadas. En nuestro caso, se cuenta con un total de datos menor a 30 (N<30). Asimismo, se evaluó la normalidad mediante la prueba de Shapiro Wilk, corroborándose que el conjunto de datos utilizados sigue este comportamiento (ver Anexo D). En tal sentido, la incorporación de los datos descartados conllevaría a tener una dispersión de datos más pronunciada lo cual se traduce con un valor próximo a cero del coeficiente de correlación de Pearson.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

B. MUESTRAS CONSIDERADAS PARA LA INVESTIGACIÓN

Con base a lo mencionado anteriormente, en la presente investigación se han considera los siguientes datos.

Tabla 7

Tabla de muestreos considerados del lombrifiltro con Eisenia Foetida con los parámetros de SST, SSV y CF

PERIODO		MUESTRA	PARÁMETROS		
			SST (mg/l)	SSV (mg/l)	COLIFORMES FECALES (NMP/100 ml)
PRIMER MES	15/10/2019	Entrada	140	80	11000000
		Salida N°01	18	12	11000000
	22/10/2019	Entrada	71	36	11000000
		Salida N°01	13	11	11000000
SEGUNDO MES	06/11/2019	Entrada	126	121	11000000
		Salida N°01	46	31	11000000
	27/12/2019	Entrada	71	41	11000000
		Salida N°01	15	14	11000000
CUARTO MES	08/01/2019	Entrada	64	37	11000000
		Salida N°01	36	17	11000000
QUINTO MES	19/02/2020	Entrada	24	19	11000000
		Salida N°01	11	8	11000000

Tabla 8

Tabla de muestreos considerados del lombrifiltro con Eisenia Foetida con los parámetros de SST, SSV y CF

PERIODO		MUESTRA	PARÁMETROS		
			SST (mg/l)	SSV (mg/l)	COLIFORMES FECALES (NMP/100 ml)
PRIMER MES	15/10/2019	Entrada	140	80	11000000
		Salida N°02	22	12	11000000
	22/10/2019	Entrada	71	36	11000000
		Salida N°02	19	8	11000000
SEGUNDO MES	06/11/2019	Entrada	126	121	11000000
		Salida N°02	44	11	11000000
	27/12/2019	Entrada	71	41	11000000

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

		Salida N°02	20	17	11000000
CUARTO MES	08/01/2019	Entrada	64	37	11000000
		Salida N°02	26	17	11000000
QUINTO MES	19/02/2020	Entrada	24	19	11000000
		Salida N°02	9	6	11000000

3.4.4. UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis vendrá a ser los medios filtrantes conjuntamente con ambas especies de lombrices.

3.5. INSTRUMENTOS VALIDADOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.5.1. INSTRUMENTO

El análisis de los niveles de remoción de sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos volátiles y coliformes fecales, se realizó en el Laboratorio de calidad Ambiental, mismo que proporcionó los materiales para la toma de muestras.

PARAMETRO	PROCEDIMIENTO VALIDADO	TECNICAS	INDICADOR	INSTRUMENTO DE MEDICION
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)	Método APHA 2540 D	Análisis de laboratorio	Concentración de SST (mg/l)	Sólidos totales en suspensión secados a 103-105ºC
SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES (SSV)	Método APHA 2540 E	Análisis de laboratorio	Concentración de SSV (mg/l)	Sólidos volátiles incinerados a 550ºC
COLIFORMES FECALES	Método APHA 9221 C	Análisis de laboratorio	Cantidad de coliformes fecales (NMP)	Fermentación de múltiples tubos técnica para miembros del grupo coliforme.
TURBIEDAD	Método APHA 2130 B	Análisis de laboratorio	Unidades Nefelométricas de turbidez (UNT)	Turbidímetro
HUMEDAD	Prueba del puño (Prueba empírica utilizada por antecedentes de la presente investigación)	Medición en campo	% de humedad	Jeringa milimetrada de 10 ml
TEMPERATURA	Protocolo de medición	Medición en campo	Temperatura (°C)	Medidor digital edge de HANNA instrumentos de pH y Temperatura
PH	Protocolo de medición	Medición en campo	pH (und pH)	

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CAUDAL	Protocolo de medición	Aforo Volumétrico	Caudal (l/s)	Recipiente, cronometro
TIEMPO DE RETENCION HIDRAULICO	Prueba de trazadores (Prueba empírica utilizada por antecedentes de la presente investigación)	Medición en campo	TRH (horas)	Recipiente, tinte y cronometro

3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS DE LA INFORMACIÓN

3.6.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La construcción de los lombrifiltros se realizó en el Centro Ecológico de Investigación Forestal y Agroforestal Tuyu – Ruri, UNASAM, se encuentra ubicado en el Distrito de Marcará, Provincia de Carhuaz, Departamento de Ancash, con coordenadas UTM 18 S 214630.53, 8968396.27, con una altitud de 2767 m.s.n.m.

Figura 5 Mapa de Ubicación Geográfica de la Tesis a Nivel Nacional y Departamental

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

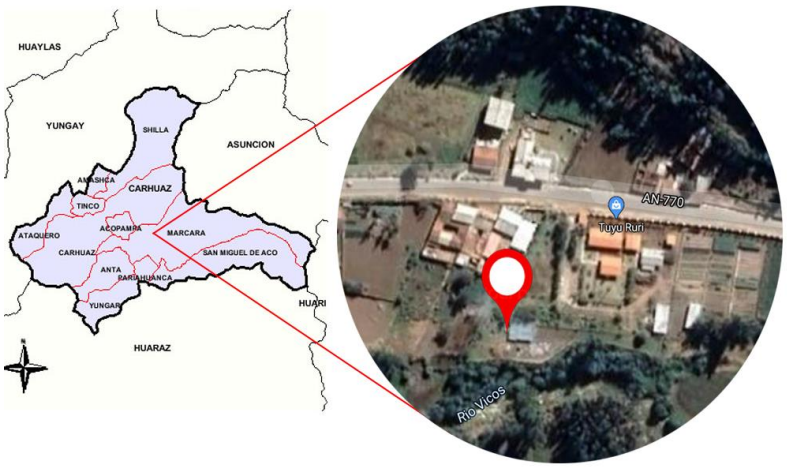


Figura 6 Mapa de Ubicación Geográfica de la Tesis a Nivel Distrital

3.6.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico que se empleó para este sistema fue el análisis estadístico “t student”, normalmente conocido como la prueba t para medias de dos muestras relacionadas. Se eligió esta prueba estadística en base a lo requerido por el estudio de investigación del tema.

Como se puede observar en el **Tabla 9**, se utilizó esta prueba porque se tiene un par natural de observaciones en las muestras, es decir, un grupo de muestras se somete a prueba dos veces. En este caso tenemos un tratamiento, es decir, dos datos por muestra (afluente y efluente por 7 periodos), aquí se probará la hipótesis alternativa e hipótesis nula empleando la media del porcentaje de remoción entre el afluente y efluente para cada parámetro (SSV, SST y CF) de todos los periodos.

Tabla 9

Pruebas Estadísticas de acuerdo al tipo de estudio

		PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS			**PRUEBAS PARAMÉTRICAS**
Variable Fija	Variable Aleatoria	**Nominal Dicotómica**	**Nominal Politómica**	**Ordinal**	**Numéricas**

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Muestras Independientes	**Un Grupo**	X^2 Bondad de Ajuste Binomial	X^2 Bondad de Ajuste	X^2 Bondad de Ajuste	T de Student (una muestra)
	Dos Grupos	X^2 Bondad de Ajuste Corrección de Yates Test exacto de Fisher	X^2 de Homogeneidad	U Mann-Withney	T de Student (muestras independientes)
	Más de dos Grupo	X^2 Bondad de Ajuste	X^2 Bondad de Ajuste	H Kruskal-Wallis	ANOVA con un factor INTER sujetos
Muestras Relacionadas	**Dos medidas**	Mc Nemar	Q de Cochran	Wilcoxon	T de Student (muestras relacionadas)
	Más de dos medidas	Q de Cochran	Q de Cochran	Friedman	ANOVA para medidas repetitivas (INTRA sujetos)

Fuente: (Atanael 2013)

Los criterios para la prueba de hipótesis se darán mediante las siguientes condiciones:

- Si la probabilidad obtenida P - valor ≤ α, rechace H_o (se acepta H_i)
- Si la probabilidad obtenida P - valor > α, No rechace H_o (se acepta H_o)

3.6.3. PROCEDIMIENTO

Para la ejecución de la presente investigación se realizaron las siguientes etapas:

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 10

Etapas de la metodología empleada

1	Reconocimiento y evaluación visual de la zona de estudio
2	Recolección de información: primaria, local y secundaria
3	Selección y levantamiento topográfico de la zona donde ira la planta
4	Caracterización del efluente a tratar
5	Diseño hidráulico y estructural del medio filtrante
6	Construcción e implementación de los medios filtrantes y de algunas unidades de la planta piloto
7	Selección, recolección y pre adaptación de la Lumbricus Terrestris y Eisenia Foetida
8	Habilitación e instalación de sustratos a los medios filtrantes
9	Adaptación de la Lumbricus Terrestris y Eisenia Foetida
10	Puesta en marcha de la planta piloto y evaluación preliminar del sistema
11	Evaluación de la adaptación y biomasa de las especies (Lumbricus Terrestris y Eisenia Foetida) a las características del agua residual de los medios filtrantes
12	Toma de muestras del agua residual en la entrada y salida del humedal para su análisis en el laboratorio

A. RECONOCIMIENTO Y EVALUACIÓN VISUAL DE LA ZONA DE ESTUDIO

Se efectuó la observación in situ de la zona de estudio, así como una evaluación visual del estado actual del agua residual doméstica procedente de la localidad de Tuyururi. Cabe señalar que dicha agua residual no cuenta con tratamiento alguno.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 7 Reconocimiento de la zona de estudio

B. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN: PRIMARIA, LOCAL Y SECUNDARIA

Dentro de la información secundaria, se señala las fuentes bibliográficas obtenidas de las tesis, de los libros, de las revistas y del internet; relacionados con el presente proyecto de investigación. Dichas informaciones sirvieron como base de referencia para la elaboración del diseño y la adaptación de las lombrices a las condiciones climáticas de la localidad.

Por otro lado, en referencia a la información local tenemos algunos parámetros tales como: la temperatura, la turbiedad, la humedad relativa (%) y el PH.

En lo que concierne a la información primaria se cuenta con el caudal de $0.6m^3$/día, dicho valor fue designado para este proyecto de tesis.

C. SELECCIÓN Y LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DONDE IRÁ LA PLANTA PILOTO

El presente proyecto se desarrolló en el Centro Experimental de Tuyururi ubicado en el distrito de Marcará - Ancash - Perú. El lugar donde se situaron los lombrifiltros se determinó previo levantamiento topográfico.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

D. DISEÑO HIDRÁULICO Y ESTRUCTURAL DE LOS MEDIOS FILTRANTES

D.1. Parámetros de diseño

Para el diseño de los medios filtrantes se tuvo en cuenta los siguientes parámetros: el caudal, la velocidad de caudal, el tiempo de retención hidráulico, la profundidad, el ancho, el largo y la altura del sistema. Los parámetros anteriormente mencionados intervienen en el proceso de tratamiento y reducen el grado de contaminación de las aguas residuales (Jimenez, 2016).

El diseño del lombrifiltro se basa en la realización de un balance de masas que considera: El número de lombrices que puede cohabitar por unidad de área, cantidad de materia orgánica que éstas son capaces de digerir y la tasa máxima de riego que puede soportar el lecho para evitar la muerte de lombrices por falta de oxígeno, que corresponde a 1 m^3/m^2/día (A.V.F., 2013).

D.2. Tiempo de filtración

$$T_{Riego} = \frac{Q}{A} \leq 1m^3/\ m^2\ /día \qquad \text{.....(1)}$$

El tiempo de filtración se determinó teniendo como caudal (Q) un valor de 0.3 m^3/día y asumiendo un área superficial (A) de 0.6 x 0.6m^2; de tal manera a respetar la condición de la ecuación precedente.

D.3. Tiempo de retención hidráulico

Para la determinación del TRH teórico se tomó como referencia a (Manrique & Piñeros, 2016) quien señala que dicho tiempo puede hallarse mediante la siguiente expresión:

$$TRH = \frac{C_s \times A_v^m \times D}{Q^n} \qquad \text{.....(2)}$$

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- C_S: Constante, 0.7.
- A_V: Área superficial[m^2].
- m: Exponente, 0.75.
- Q: Caudal[m^3/h].
- n: Exponente, 0.33.
- D: Profundidad útil del filtro[m].

$$\mathrm{TRH} = \frac{0.70 \times 0.36^{0.75} \times 0.57}{0.0125^{0.33}} = 47\mathrm{min}$$

D.4. Drenaje - pérdida de carga

$$\mathrm{hf} = \mathrm{s} \times \mathrm{L} \times 100 \qquad \text{.....(3)}$$

Para hallar la pérdida de carga se asume una pendiente de carga (s) de 1.5% y una longitud (L) de 0.6 m a fin de garantizar el flujo del agua residual y se tenga coherencia con las dimensiones del área superficial.

D.5. Sistema de distribución

El sistema de distribución está conformado por segmentos de tuberías de 3/4", adoptando en su conjunto una forma cuadrada. Para el dimensionamiento de los orificios en dicha tubería, se consideró uniforme el nivel de agua sobre cada uno de los orificios, descargando caudales iguales. La repartición uniforme del caudal se consigue realizando los orificios al mismo nivel del eje, separadas a una distancia regular. Cabe señalar que la limpieza de las tuberías se realizó cada 2 semanas con la finalidad de evitar que los orificios se obstruyan según recomienda (Quinchel J. , 2015).

Para determinar el número de orificios en la tubería (N), el área de los orificios (AL) y el diámetro de los orificios(DO), se emplearon las siguientes fórmulas:

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

$$N = \frac{l - 2D}{a} \qquad \text{.....(4)}$$

$$A_L = \frac{A_T}{N} \qquad \text{.....(5)}$$

$$D_O = \sqrt{\frac{4A_L}{\pi}} \qquad \text{.....(6)}$$

- l: Longitud total de la tubería.
- D: Margen entre la pared y centro del último orificio.
- a: Distancia de centro a centro de dos orificios continuos.
- AT: Área de la tubería de distribución.

Luego de aplicar las fórmulas precedentes, obtenemos los siguientes valores: N = 12, A_L= 5 x10^{-5} m y D_O = 8 x 10^{-3} m.

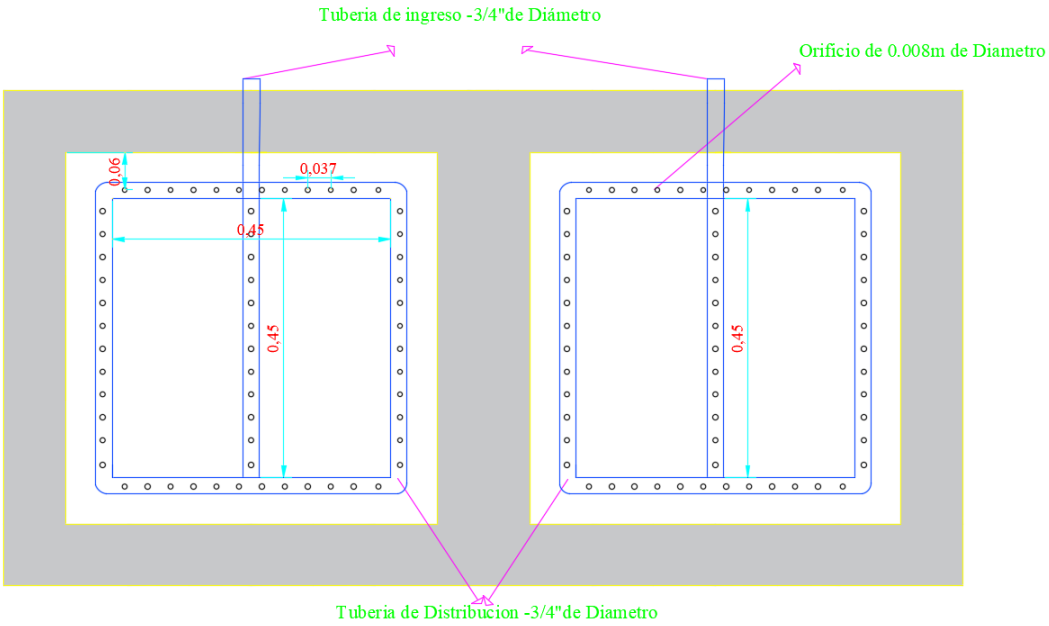


Figura 8 Diseño del sistema de Distribución

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

E. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE LOS MEDIOS FILTRANTES Y DE LA CAJA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES

E.1. Caja de distribución de caudales

La caja de distribución de caudales (concreto con f'c = 210 Kg/cm^2) cumple el rol de dividir el caudal ingresante a los lombrifiltros en dos partes iguales, mediante dos vertederos triangulares ubicados al mismo nivel en el interior de la caja. Asimismo, la estructura cuenta con una tapa móvil de concreto.

E.2. Lombrifiltros

Los lombrifiltros (concreto con f´c = 210 Kg/cm^2) se construyeron siguiendo los siguientes procedimientos:

- Excavación manual del terreno respectando las dimensiones.
- Vaciado de concreto (f´c = 210 Kg/cm^2) con aditivo impermeabilizante para prevenir filtraciones, con un acabado final frotachado, colocándose en la parte
- inferior una rejilla como parte del soporte del medio filtrante y empotrándose las tuberías de entrada y salida.
- Construcción de dos cámaras de muestro (concreto con f´c = 210 Kg/cm^2) a la salida de los lombrifiltros. Dichas cajas cuentan con una tapa de concreto armado movible y una tubería PVC-SAL de un diámetro de 2" al ingreso, empotrada en el piso.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

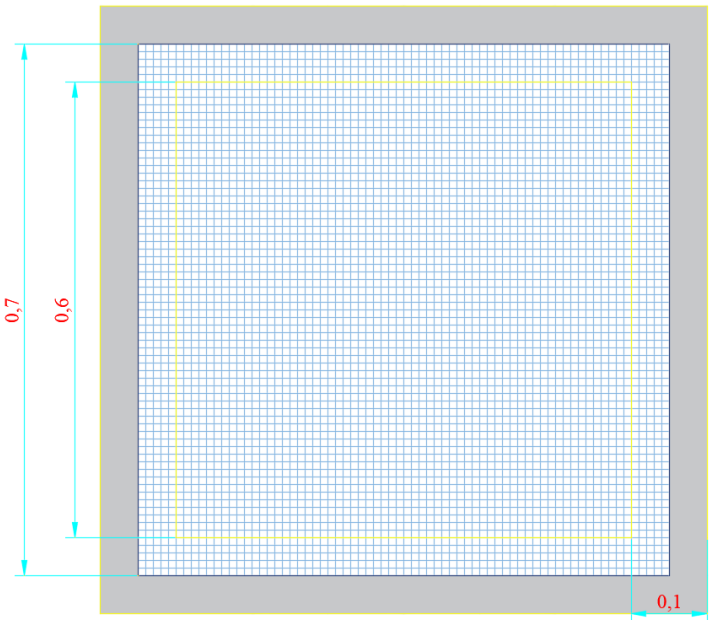


Figura 9 Dimensiones de la malla metálica de soporte de los medios filtrantes

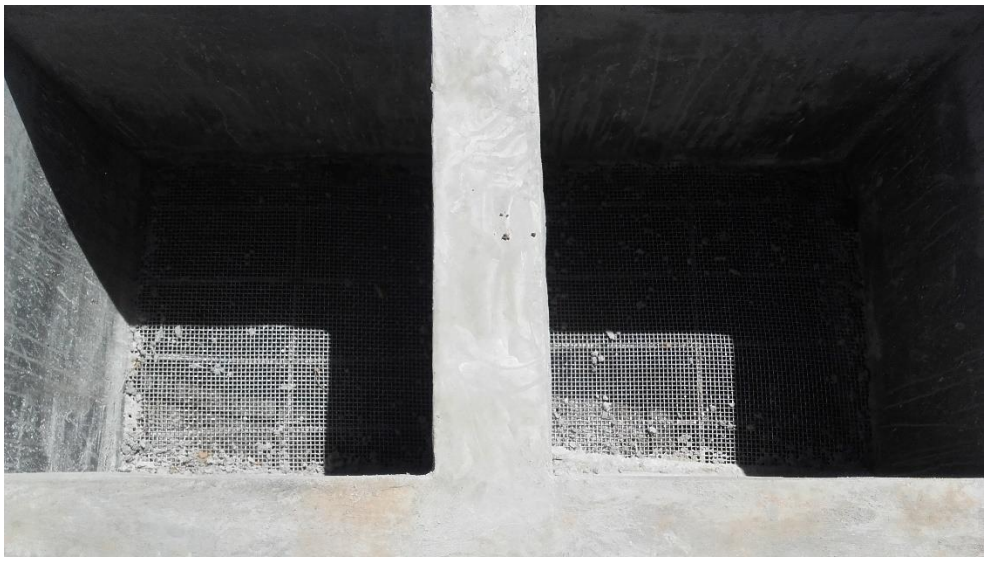


Figura 10 Malla metálica de soporte de los medios filtrantes

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

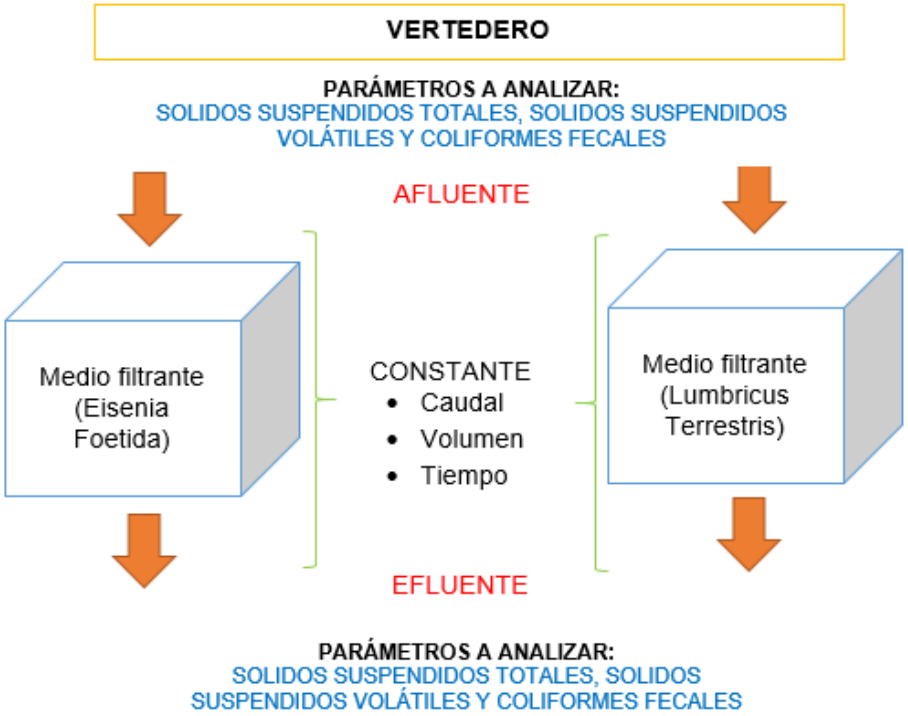


Figura 11 Esquema de bloque del sistema

F. RECOLECCIÓN Y PRE ADAPTACIÓN DE LA LUMBRICUS TERRESTRIS Y EISENIA FOETIDA

La recolección de la Lumbricus Terrestris se realizó en los terrenos aledaños, mientras que la Eisenia Foetida se adquirió previa compra de un criadero de lombrices de esta especie. Se recolectó 1 kg de materia entre tierra y lombriz, con la cual se procedió a la pre adaptación, misma que se realizó en dos recipientes de lavatorios de plástico. El primer recipiente contenía la Lumbricus Terrestris, inmersa en una mezcla de aserrín y tierra. El segundo recipiente contenía la Eisenia Foetida, inmersa en una mezcla de aserrín y compost. Ambos recipientes se tuvieron que regar con agua residual doméstica de la localidad con una periodicidad de 2 días, ello a fin de conservar la humedad y así asemejar las condiciones naturales de origen. La adaptación se realizó por un periodo de 15 días.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 12 Pre adaptación de la Eisenia Foetida(tina roja) y Lumbricus Terrestris(tina verde)

G. HABILITACIÓN E INSTALACIÓN DE SUSTRATOS A LOS MEDIOS FILTRANTES

Según los criterios de diseño para fines operacionales de los medios filtrantes, se adquirió los sustratos de una cantera cercana.

Las capas de sustratos, para ambos medios filtrantes, están compuestos por bolones de 3 cm y 2 cm de diámetro, y gravas de 1 cm y 0.5 cm de diámetro. Dichos sustratos se colocaron según se indica en la **Figura 13**.

TIPO DE MATERIAL	TAMAÑO EFECTIVO (cm)	POROSIDAD EFICAZ (n %)
Bolones de 3 cm	3	15-35
Bolones de 2 cm	2	15-35
Grava de 1 cm	1	10-35
Grava de 0.5 cm	0.5	10-35

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

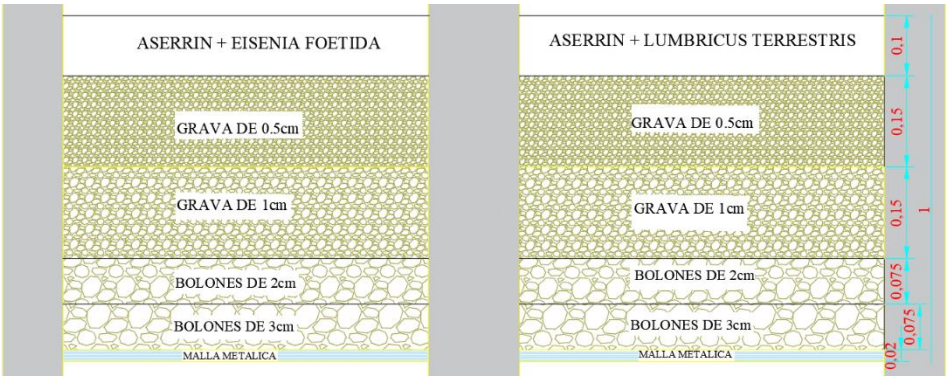


Figura 13 Sustratos de los medios filtrantes

H. ADAPTACIÓN DE LA LUMBRICUS TERRESTRIS Y EISENIA FOETIDA

Luego de haber realizado la adaptación de la Lumbricus Terrestris y Eisenia Foetida, se procedió a colocar ambas especies a sus respectivos medios filtrantes, colocándolas en una capa mezclada con aserrín de 10 cm en la parte superior de los sustratos.

Figura 14 Colocación de ambas especies de lombrices y agregado de aserrín

I. PUESTA EN MARCHA DE LA PLANTA PILOTO Y EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL SISTEMA

Después de haber colocado ambas especies de lombrices, se puso en funcionamiento los lombrifiltros. El caudal que alimenta los lombrifiltros proviene de la caja de distribución, este último a su vez es abastecida por el caudal proveniente del biodigestor.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Figura 15 Puesta en marcha de la planta piloto

J. EVALUACIÓN DE LA ADAPTACIÓN DE LAS ESPECIES (LUMBRICUS TERRESTRIS Y EISENIA FOETIDA) A LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL DE LOS MEDIOS FILTRANTES

Las dos primeras evaluaciones de los parámetros de estudio se realizaron en dos fechas y en un intervalo de 7 días. Asimismo, el resto de las evaluaciones se desarrollaron cada 15 días. Dichas evaluaciones permitieron estudiar la remoción de los parámetros de estudio.

Se consideraron los datos de la remoción de los parámetros anteriormente señalados a cada monitoreo de aguas residuales de los lombrifiltros. Estos datos serán considerados en las discusiones de los resultados de la presente tesis.

Figura 16 Adaptación de las lombrices a los medios filtrantes

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

K. TOMA DE MUESTRA DEL AGUA RESIDUAL EN LA ENTRADA Y SALIDA DE LOS LOMBRIFILTROS PARA SU ANÁLISIS EN EL LABORATORIO

La toma de muestras a la entrada y salida de las unidades se realizaron por un periodo de 3 meses. Las variables a considerar fueron: sólidos suspendidos totales, sólidos suspendidos volátiles y coliformes fecales; las cuales fueron evaluadas en el laboratorio de Calidad Ambiental - UNASAM y cuyos valores fueron verificados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), sub categoría 4.

Figura 17 Toma de muestra del agua residual en la entrada y salida de los lombrifiltros

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

RESULTADOS

3.7. RESULTADOS DEL DISEÑO DEL TANQUE Y DRENAJE DEL BIOFILTRO

El siguiente cuadro muestra los resultados obtenidos para el diseño del tanque y drenaje del biofiltro. Asimismo, se muestran los datos empleados para la obtención de los resultados:

Tabla 11

Diseño del tanque y drenaje del biofiltro

	VALOR	UNIDAD
DATOS:		
Caudal del diseño (Q_d)	0.30	m^3/día
Área = 0.6 m x 0.6 m	0.36	m^2
Diámetro de la tubería	3/4	pulg
Pendiente (S)	1.5	%
Longitud (L)	0.6	cm
CÁLCULOS:		
Tasa de filtración	0.83	m^3/m^2/día
Pérdida de carga (H_f)	1	cm

3.8. RESULTADOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE ENTRADA Y DISTRIBUCIÓN DE LOS BIOFILTROS

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de los cálculos, para el diseño del sistema de entrada y distribución de los biofiltros. Dentro del mismo cuadro, se muestran los datos empleados para el desarrollo de los cálculos:

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 12

Diseño del sistema de entrada y distribución de los biofiltros

	VALOR	UNIDAD
DATOS:		
Caudal de diseño (Qd)	3.47×10^{-6}	m^3/s
Diámetro comercial de la tubería de distribución	2.65×10^{-2}	m
Número de tuberías	5	und
Ancho del Biofiltro	0.6	m
Largo del Biofiltro	0.6	m
Separación de centro a centro entre orificios (α)	2.96×10^{-2}	m
Distancia entre la pared y el primer orificio (D)	6×10^{-2}	m
Porosidad (η)	0.3	m
Profundidad (γ)	0.8	m
CÁLCULOS:		
Área superficial	0.36	m^2
Área de la tubería de distribución	5.52×10^{-4}	m
Velocidad en las tuberías principales	6.3×10^{-3}	$m^3/m^2/s$
Caudal para cada tubería (Qu)	6.94×10^{-7}	m^3/s
Velocidad en las tuberías secundarias	1.26×10^{-3}	$m^3/m^2/s$
Espaciamiento entre tuberías	0.21	m
Longitud total de la tubería (l)	0.45×10^{-3}	m
Número de Orificios en la tubería (N)	12	und
Área del orificios (A_L)	5×10^{-5}	m
Diámetro de los orificios (D_O)	8×10^{-3}	m
Tiempo de retención hidráulica(teórico)	47	min

3.9. RESULTADOS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LOS BIOFILTROS Y ALGUNAS UNIDADES DE LA PLANTA PILOTO

La construcción de los biofiltros se realizó con concreto armado $f'c = 175$ Kg=cm^2. Se hizo uso del aditivo impermeabilizante SIKA-1 líquido 4 Kg en la mezcla; utilizando La dosis recomendada de 42 cm^3 por kilogramo de cemento; encontrado en los detalles de aplicación de la hoja técnica del producto. Asegurando la impermeabilidad del concretos aún bajo presión del agua residual a tratar.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3.10. RESULTADOS DE PRE-ADAPTACIÓN DE LAS LOMBRICES

Al pasar los 15 días de periodo de pre adaptación, se pudo observar la facilidad de acondicionamiento de ambas especies de lombrices al medio donde se encontraban. El número de lombrices se incrementó, lo cual conlleva a intuir que las condiciones de pre adaptación fueron buenas. Cabe señalar que las condiciones de pre adaptación dependían de ciertos parámetros mencionados en la etapa 7 de la sección (2.3).

3.11. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN

La caracterización del caudal de ingreso al sistema de lombrifiltro se realizó recolectando una muestra de agua residual en el buzón de captación, obteniéndose los siguientes resultados emitidos por el laboratorio de Calidad Ambiental – UNASAM.

Tabla 13

Concentración de SST y SSV situado aguas arriba del sistema de lombrifiltro

FECHA	MUESTRA	SST (mg/L)	SSV (mg/L)	CF (NMP/100ml)
08/01/2020	Entrada inicial	706	319	$11x10^6$

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3.12. RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LOS PARÁMETROS ANALIZADOS

3.12.1. PARÁMETROS FÍSICOS: pH, TEMPERATURA (C) Y CAUDAL (l/s)

A. ETAPA DE ADAPTACIÓN

A.1. Resultados de la medición de la temperatura

- Temperatura de la Eisenia Foetida ST1:

En la **Tabla 14** se muestran las tomas de temperatura realizadas en horas distintas para cada fecha. Seguidamente, se calculó la temperatura media para cada fecha a fin de trazar la curva de temperatura de la **Figura 18**.

Se observa que la temperatura del afluente tuvo un valor máximo medio de 20.56 °C correspondiente a la fecha del 01/10/2019 y un valor mínimo medio de 18.98 °C para la fecha del 07/10/2019. La temperatura máxima media del efluente es de 20.1 °C para el día 04/10/2019 y valor mínimo medio de 18.52 °C para la fecha del 07/10/2019.

Tabla 14

Temperatura de la Eisenia Foetida ST1 - Adaptación

FECHA	HORA	AFLUENTE	EFLUENTE
01/10/2019	09:00	17.80	17.40
	10:00	18.60	17.90
	11:00	19.40	18.80
	12:00	20.00	19.50
	13:00	20.80	20.20
04/10/2019	09:00	19.50	19.20
	10:00	20.40	19.80
	11:00	**20.60**	**20.30**
	12:00	20.90	20.40

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

	13:00	21.40	20.80
	09:00	17.80	17.50
	10:00	18.50	17.80
07/10/2019	11:00	**19.00**	**18.50**
	12:00	19.50	19.20
	13:00	20.10	19.60
	09:00	19.20	18.70
	10:00	19.70	19.40
11/10/2019	11:00	**20.50**	**19.80**
	12:00	20.80	20.10
	13:00	21.50	20.30

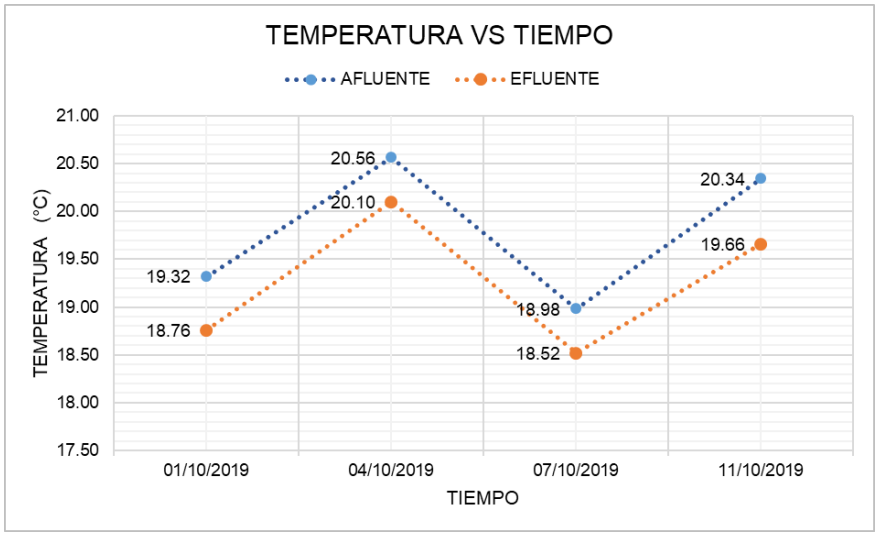


Figura 18 Temperatura de la Eisenia Foetida ST1 - Adaptación

- Temperatura de la Lumbricus Terrestris ST2:

En el cuadro se muestran las tomas de temperatura realizadas en horas distintas para cada fecha. Seguidamente, se calculó la temperatura media para cada fecha a fin de trazar la curva de temperatura de la Tabla 15.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 15

Temperatura de la Lumbricus Terrestris ST2 - Adaptación

FECHA	HORA	AFLUENTE	EFLUENTE
	09:00	17.80	17.20
	10:00	18.60	17.80
01/10/2019	11:00	19.40	18.60
	12:00	20.00	19.30
	13:00	20.80	19.70
	09:00	19.50	18.70
	10:00	20.40	19.60
04/10/2019	11:00	20.60	19.50
	12:00	20.90	20.20
	13:00	21.40	20.70
	09:00	17.80	17.30
	10:00	18.50	17.60
07/10/2019	11:00	19.00	18.30
	12:00	19.50	18.80
	13:00	20.10	19.10
	09:01	19.20	18.50
	14:00	19.70	19.10
11/10/2019	15:00	20.50	20.40
	16:00	20.80	20.50
	17:00	21.50	20.80

Se observa que la temperatura del afluente tuvo un valor máximo medio de 20.56 °C correspondiente a la fecha del 01/10/2019 y un valor mínimo medio de 18.98 °C para la fecha del 07/10/2019. La temperatura máxima media del efluente fue de 19.86 °C para el día 04/10/2019 y valor mínimo medio de 18.22 °C para la fecha del 07/10/2019.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

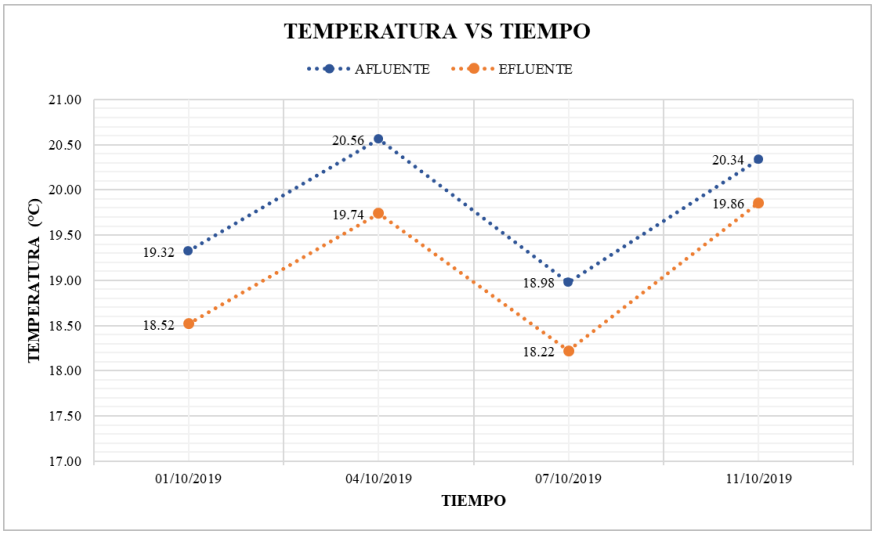


Figura 19 Temperatura de la Lumbricus Terrestris ST2 – Adaptación

A.2. Resultados de la medición de pH

- pH de la Eisenia Foetida ST1:

En la **Tabla 16** se muestran las tomas de pH, al afluente y efluente, realizadas en horas distintas para cada fecha. Para trazar la curva de pH, se calculó la temperatura media para cada fecha.

Tabla 16

pH de la Eisenia Foetida ST1 - Adaptación

FECHA	HORA	AFLUENTE	EFLUENTE
	09:00	6.56	6.82
	10:00	6.48	6.61
01/10/2019	11:00	**6.54**	**6.84**
	12:00	6.80	7.10
	13:00	6.82	7.13
	09:00	6.71	6.89
	10:00	6.56	6.83
04/10/2019	11:00	6.85	7.00
	12:00	**6.75**	**6.93**
	13:00	6.60	6.72
07/10/2019	09:00	6.83	6.95

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

	10:00	6.84	6.99
	11:00	**6.88**	**7.20**
	12:00	6.94	7.15
	13:00	6.87	7.12
	09:00	6.78	6.90
	10:00	6.95	7.10
11/10/2019	11:00	**6.76**	**6.90**
	12:00	6.80	7.00
	13:00	6.75	7.10

En la **Figura 20**, podemos observar que el valor del pH promedio del afluente tuvo una pequeña variación, siendo el máximo igual a 6.87 y el mínimo es de 6.64. El pH promedio del efluente varía de un máximo de 7.08 a un valor mínimo de 6.87.

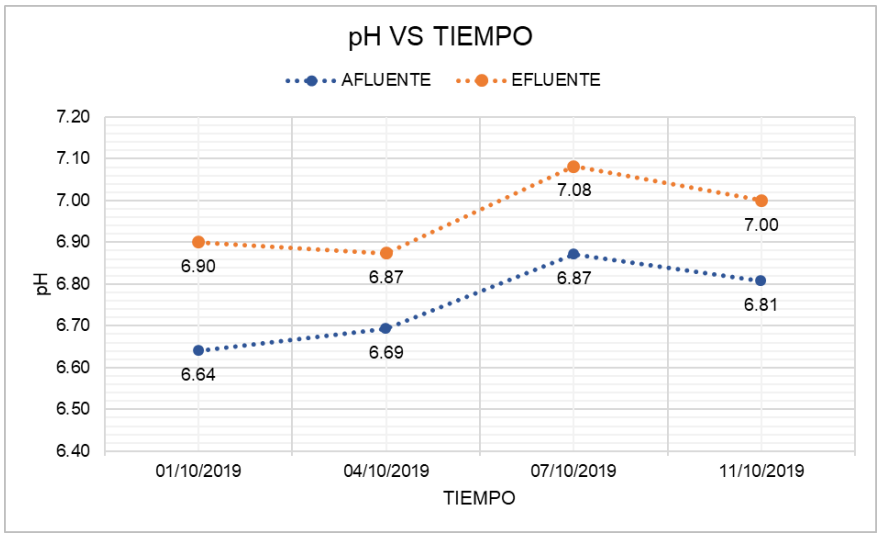


Figura 20 pH de la Eisenia Foetida ST1 - Adaptación

- pH de la Lumbricus Terrestris ST2:

En la **Tabla 17** se muestran las tomas de pH, al afluente y al efluente, realizadas en horas distintas para cada fecha. Para trazar la curva de pH, se calculó la temperatura media para cada fecha.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 17

pH de la Lumbricus Terrestris ST2 - Adaptación

FECHA	HORA	AFLUENTE	EFLUENTE
	09:00	6.56	6.67
	10:00	6.48	6.58
01/10/2019	11:00	6.54	**6.71**
	12:00	6.80	6.98
	13:00	6.82	7.11
	09:00	6.71	6.85
	10:00	6.56	6.81
04/10/2019	11:00	6.85	6.95
	12:00	6.75	**6.93**
	13:00	6.60	6.65
	09:00	6.83	6.94
	10:00	6.84	6.97
07/10/2019	11:00	6.88	**7.00**
	12:00	6.94	7.12
	13:00	6.87	6.98
	09:01	6.78	6.87
	14:00	6.95	7.00
11/10/2019	15:00	6.76	**6.85**
	16:00	6.80	6.95
	17:00	6.75	6.95

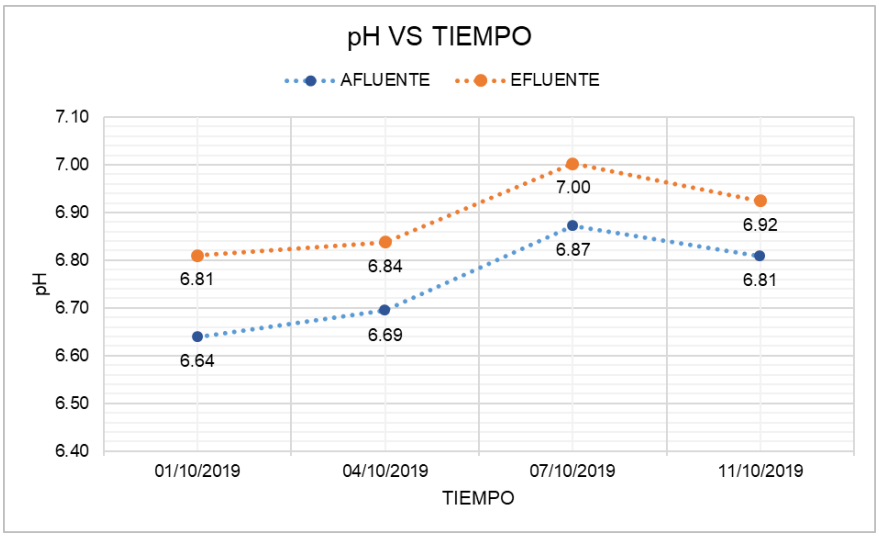


Figura 21 pH de la Lumbricus Terrestris ST2 - Adaptación

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

El valor del pH promedio del afluente tuvo una pequeña variación, siendo el máximo igual a 6.87 y el mínimo es de 6.64. El pH promedio del efluente varía de un máximo de 7 a un valor mínimo de 6.81.

A.3. Resultados de la medición de la humedad relativa de La Eisenia Foetida Y Lumbricus Terrestris

Para determinar el porcentaje de humedad presente en cada lombrifiltro, se realizó la prueba del puño. Esta prueba establece que si al aplicar a una cantidad de sustrato una fuerza con el puño de la mano, se obtiene un porcentaje de humedad del 80% si salen de 8 a 10 gotas.

Para el afluente, el porcentaje de humedad máximo fue igual a 75% correspondiente a la fecha del 07/10/2019, mientras que el porcentaje de humedad mínima fue de 70% para la fecha 01/10/2019. Por otro lado, para el efluente, el porcentaje de humedad máximo fue de 72% correspondiente a las fechas del 04/10/2019 y 07/10/2019, mientras que el porcentaje de humedad mínima fue de 68% para la fecha 01/10/2019.

Tabla 18

Humedad de La Eisenia Foetida Y Lumbricus Terrestris - Adaptación

FECHA	T.N°01 - E.F.		T.N°02 - L.T.	
	Cant. Agua (ml)	Humedad (%)	Cant. Agua (ml)	Humedad (%)
01/10/2019	0.35	70	0.34	68
04/10/2019	0.37	74	0.36	72
07/10/2019	0.38	75	0.36	72
11/10/2019	0.37	73	0.35	70

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

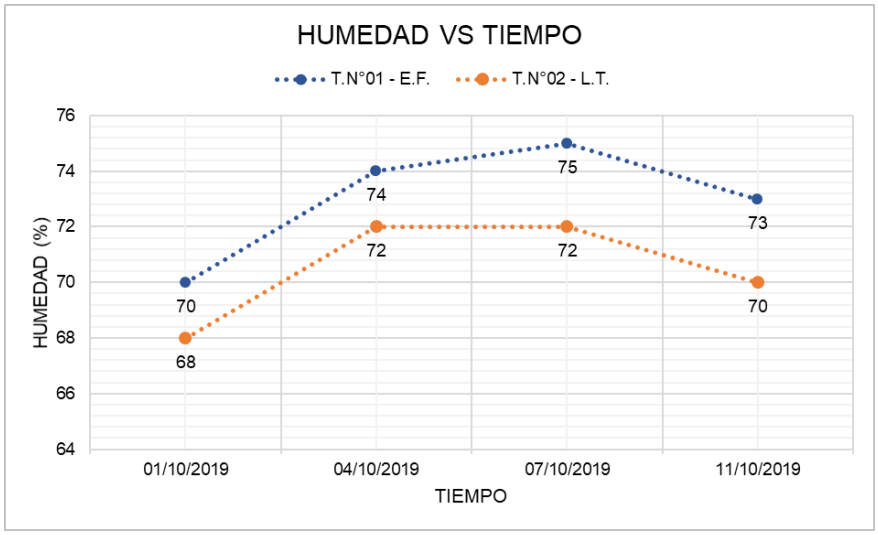


Figura 22 Humedad de La Eisenia Foetida Y Lumbricus Terrestris - Adaptación

A.4. Resultados del aforo de caudales de la Eisenia Foetida ST1

- Aforo de caudales de la Eisenia Foetida ST1:

En el **Tabla 19** y la **Figura 23**, se muestran los aforos de los caudales del afluente y efluente.

En cuanto al afluente, se obtuvo un caudal promedio máximo de 0.00385 l/s, en la fecha 07/10/2019 y el menor 0.00383 l/s en la fecha 11/10/2019. Asimismo, los aforos de caudal del efluente brindan un valor máximo promedio de 0.00367 l/s en la fecha 11/10/2019 y un menor de 0.00357 l/s en la fecha 04/10/2019. La disminución del caudal del afluente al efluente se debe a podría deber a diversos factores como las pérdidas de carga y la evaporación del agua.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 19

Aforo de caudales de la Eisenia Foetida ST1 - Adaptación

FECHA	HORA	AFLUENTE	EFLUENTE
	09:00	0.00368	0.00354
	10:00	0.00372	0.00349
01/10/2019	11:00	0.00380	0.00371
	12:00	0.00385	0.00362
	13:00	0.00385	0.00374
	09:00	0.00352	0.00348
	10:00	0.00373	0.00337
04/10/2019	11:00	0.00387	0.00352
	12:00	0.00389	0.00368
	13:00	0.00391	0.00379
	09:00	0.00387	0.00368
	10:00	0.00383	0.00361
07/10/2019	11:00	0.00382	0.00355
	12:00	0.00386	0.00348
	13:00	0.00387	0.00358
	09:00	0.00379	0.00361
	10:00	0.00380	0.00365
11/10/2019	11:00	0.00384	0.00359
	12:00	0.00386	0.00371
	13:00	0.00386	0.00379

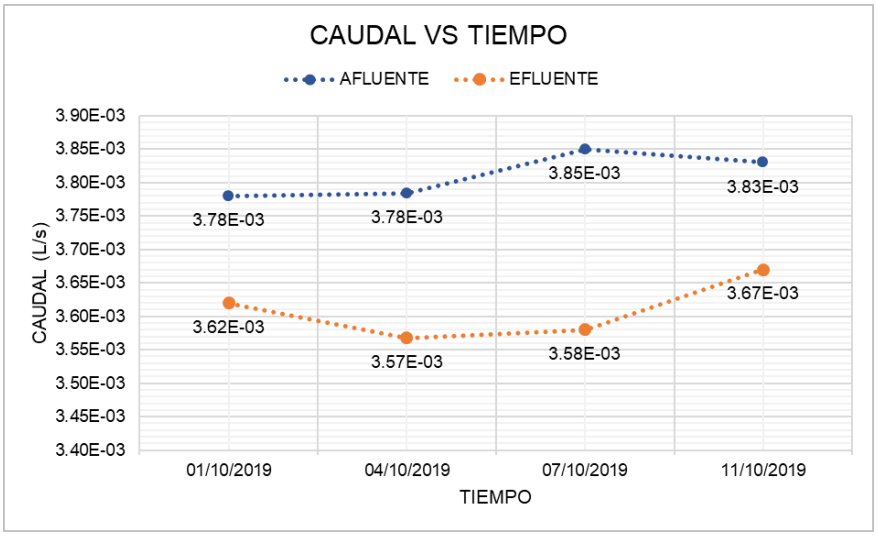


Figura 23 Aforo de caudales de la Eisenia Foetida ST1 - Adaptación

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- Aforo de los caudales de la Lumbricus Terrestris ST2

De la **Tabla 20** y la **Figura 24**, se puede decir, respecto al afluente, que el caudal promedio máximo fue igual a 0.00385 l/s, tomado el 07/10/2019; y que el caudal promedio mínimo es igual a 0.00378 l/s, tomado el 01/10/2019. De igual modo para el efluente, el caudal promedio máximo fue igual a 0.00371 l/s, tomado el 11/10/2019, mientras que el caudal promedio mínimo es igual a 0.00354 l/s, tomado el 04/10/2019.

Tabla 20

Aforo de los caudales de la Lumbricus Terrestris ST2 - Adaptación

FECHA	HORA	AFLUENTE	EFLUENTE
01/10/2019	09:00	0.00368	0.00352
	10:00	0.00372	0.00357
	11:00	0.00380	0.00367
	12:00	0.00385	0.00369
	13:00	0.00385	0.00372
04/10/2019	09:00	0.00352	0.00334
	10:00	0.00373	0.00346
	11:00	0.00387	0.00359
	12:00	0.00389	0.00361
	13:00	0.00391	0.00368
07/10/2019	09:00	0.00387	0.00369
	10:00	0.00383	0.00365
	11:00	0.00382	0.00377
	12:00	0.00386	0.00359
	13:00	0.00387	0.00367
11/10/2019	09:01	0.00379	0.00367
	14:00	0.00380	0.00372
	15:00	0.00384	0.00372
	16:00	0.00386	0.00370
	17:00	0.00386	0.00372

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

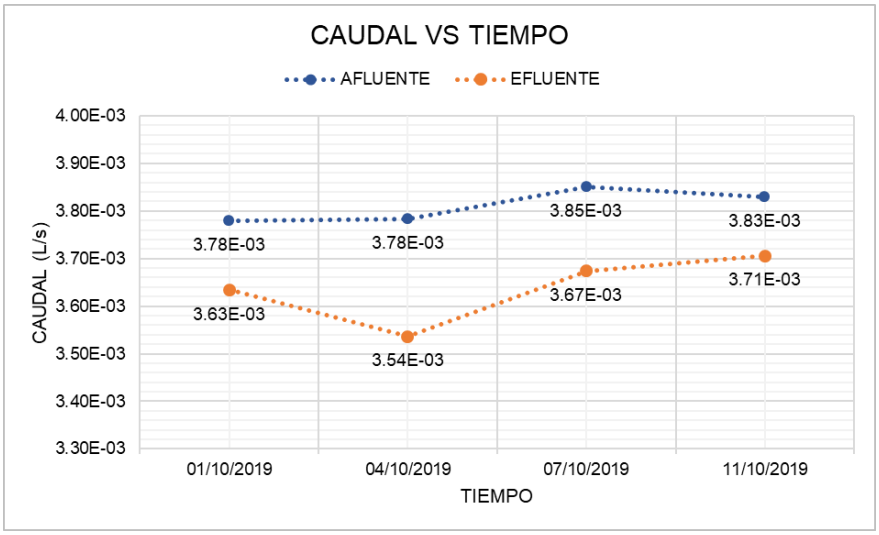


Figura 24 Aforo de los caudales de la Lumbricus Terrestris ST2 – Adaptación

B. ETAPA DE TRATAMIENTO

B.1. Resultados de la medición de la Temperatura

- Temperatura de la Eisenia Foetida ST1

A partir de la **Tabla 21** y la **Figura 25**, se puede apreciar que la temperatura del afluente tuvo un valor máximo de 21 °C correspondiente a la fecha del 20/11/2019 y un valor mínimo de 19 °C para la fecha del 06/11/2019.

Tabla 21

Temperatura de la Eisenia Foetida ST1 - Tratamiento

FECHA	AFLUENTE	EFLUENTE
15/10/2019	30.70	30.70
22/10/2019	20.60	20.30
06/11/2019	19.00	19.90
20/11/2019	21.00	20.50
04/12/2019	20.40	19.60
27/12/2019	20.20	19.30
08/01/2020	20.00	22.00

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

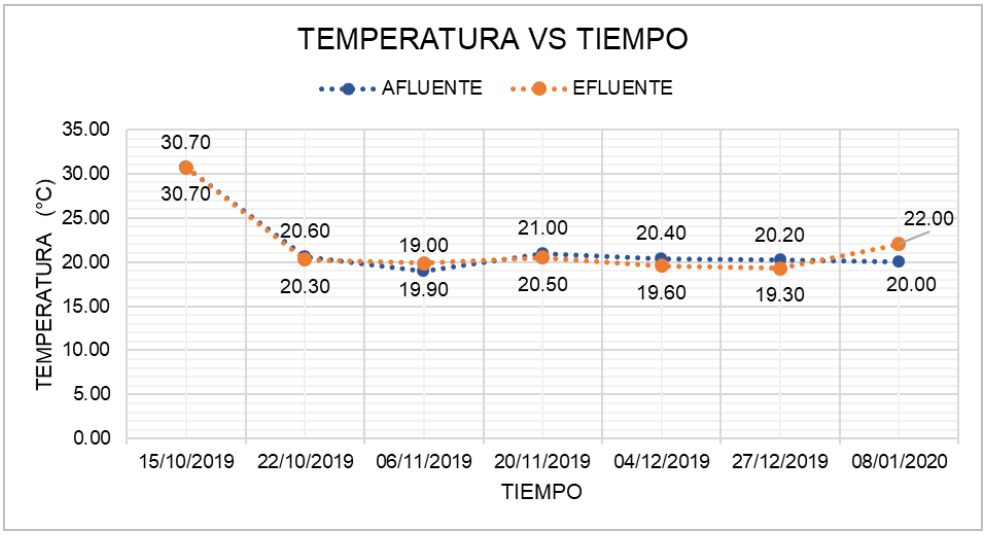


Figura 25 Temperatura de la Eisenia Foetida ST1 - Tratamiento

- Temperatura de la Lumbricus Terrestris ST2

A partir de la **Tabla 22** y la **Figura 26**, se puede apreciar que la temperatura del afluente tuvo un valor máximo de 21 °C correspondiente a la fecha del 20/11/2019 y un valor mínimo de 19 °C para la fecha del 06/11/2019. De forma similar, se tuvo para el efluente, una La temperatura de 22 °C para el día 08/01/2020 y un valor mínimo de 19.3 °C para la fecha del 27/12/2019.

Tabla 22

Temperatura de la Lumbricus Terrestris ST2 - Tratamiento

FECHA	AFLUENTE	EFLUENTE
15/10/2019	30.70	30.70
22/10/2019	20.60	19.50
06/11/2019	19.00	19.40
20/11/2019	21.00	19.70
04/12/2019	20.40	19.50
27/12/2019	20.20	19.80
08/01/2020	20.00	21.00

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

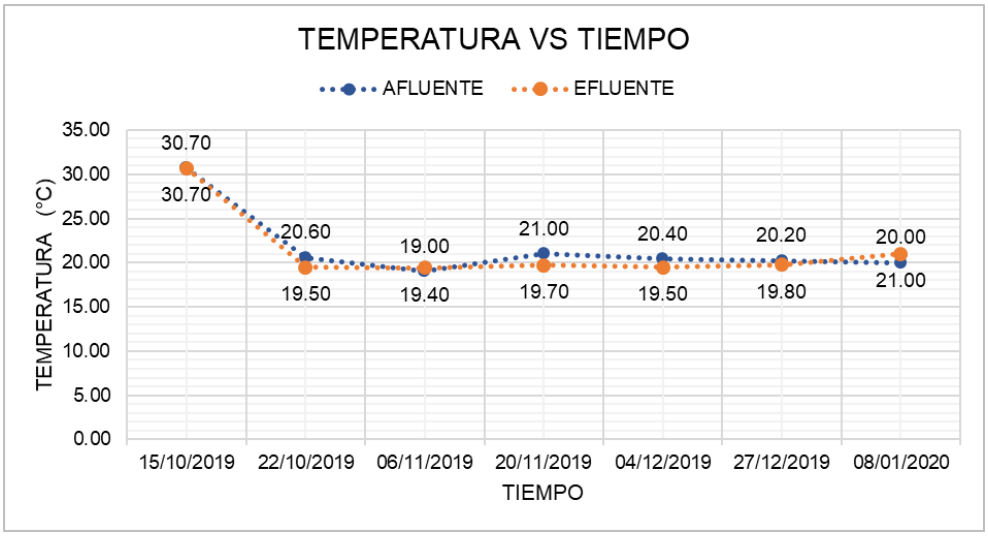


Figura 26 Temperatura de la Lumbricus Terrestris ST2 - Tratamiento

B.2. Resultados de la medición de pH

- pH de la Eisenia Foetida ST1

En la **Tabla 23** y la **Figura 27**, se muestra los valores significativos del pH en la Etapa de Tratamiento.

Por un lado, para el afluente, el valor máximo de pH fue de 6.82 para la fecha del 27/12/2019 y el valor mínimo igual a 6 para la fecha del 15/10/2019. En cambio, el efluente, mostró un valor máximo de 7.1 para el día 27/12/2019 y un valor mínimo de 6.73 para la fecha del 22/10/2019.

Tabla 23

pH de la Eisenia Foetida ST1 - Tratamiento

FECHA	AFLUENTE	EFLUENTE
15/10/2019	6.00	7.00
22/10/2019	6.75	6.76
06/11/2019	6.54	6.84
20/11/2019	6.75	6.93
04/12/2019	**6.80**	**6.91**

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

27/12/2019	6.82	7.10
08/01/2020	6.70	6.90

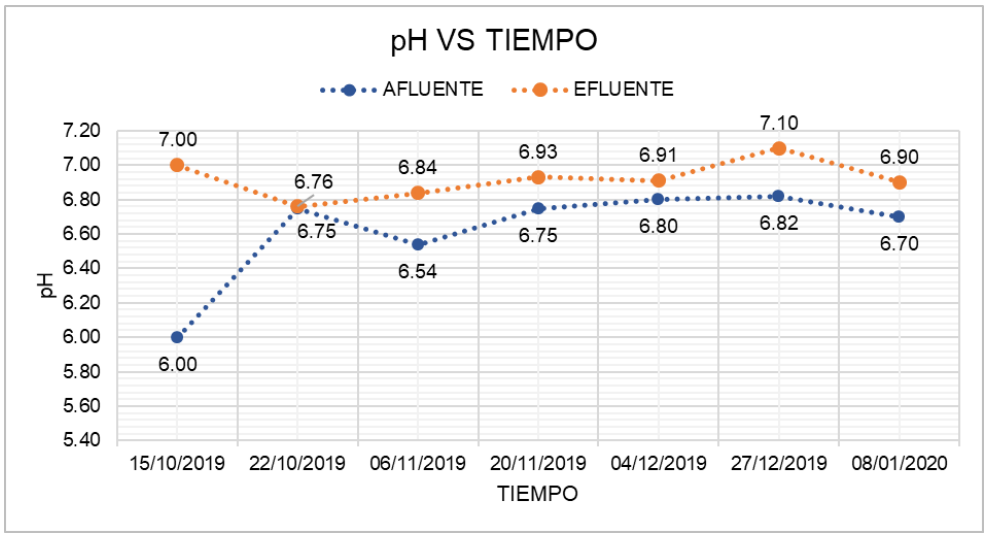


Figura 27 pH de la Eisenia Foetida ST1 - Tratamiento

- pH de la Lumbricus Terrestris ST2

En la **Tabla 24** y la **Figura 28**, se muestra los valores significativos del pH en la Etapa de Tratamiento.

Por un lado, para el afluente, el valor máximo de pH fue de 6.82 para la fecha del 27/12/2019 y el valor mínimo igual a 6 para la fecha del 15/10/2019. En cambio, el efluente, mostró un valor máximo de 7 para el día 15/10/2019 y un valor mínimo de 6.71 para la fecha del 06/11/2019.

Tabla 24

pH de la Lumbricus Terrestris ST2 - Tratamiento

FECHA	AFLUENTE	EFLUENTE
15/10/2019	6.00	7.00
22/10/2019	6.75	6.83
06/11/2019	6.54	6.71
20/11/2019	6.75	6.89
04/12/2019	**6.80**	**6.87**

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

27/12/2019	6.82	6.93
08/01/2020	6.70	6.85

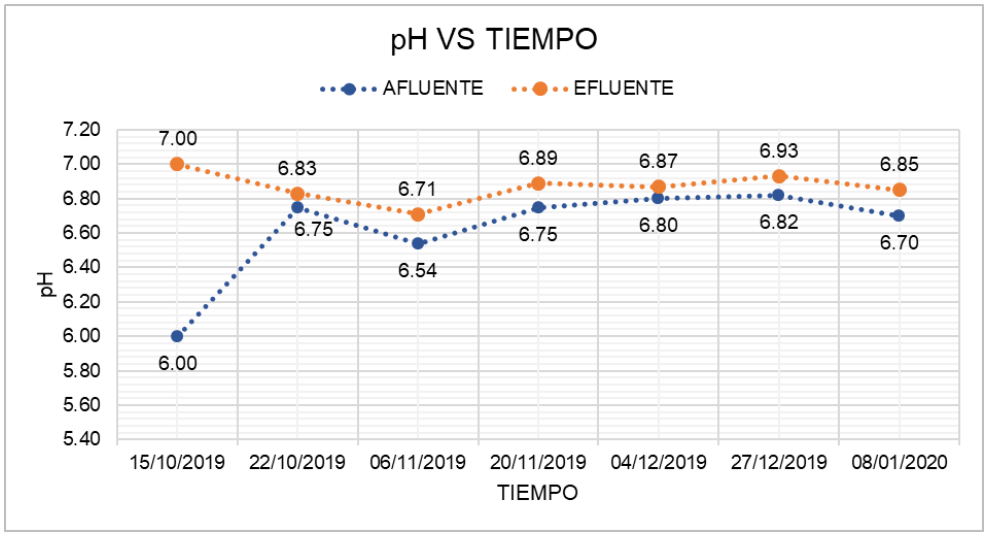


Figura 28 pH de la Lumbricus Terrestris ST2 - Tratamiento

B.3. Resultados de la medición de humedad de La Eisenia Foetida Y Lumbricus Terrestris

Tabla 25

Humedad de La Eisenia Foetida Y Lumbricus Terrestris - Tratamiento

FECHA	T.N°01 - E.F.		T.N°02 - L.T.	
	Cant.Agua (ml)	Humedad (%)	Cant.Agua (ml)	Humedad (%)
15/10/2019	0.35	70	0.34	68
22/10/2019	0.36	72	0.35	70
06/11/2019	0.37	74	0.36	71
20/11/2019	0.38	75	0.37	74
04/12/2019	0.36	72	0.35	70
27/12/2019	0.36	72	0.36	71
08/01/2020	0.34	68	0.34	67

En cuanto a este parámetro, se puede observar que, para el afluente, el porcentaje de humedad máximo fue igual a 75 % correspondiente a la fecha del 20/11/2019, mientras que el porcentaje de humedad mínima fue de 68%para la fecha 08/01/2020. Por otro lado, para el efluente, el porcentaje de humedad

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

máximo fue de 75 % correspondiente a las fechas del 20/11/2019, mientras que el porcentaje de humedad mínima fue de 67 % para la fecha 08/01/2020.

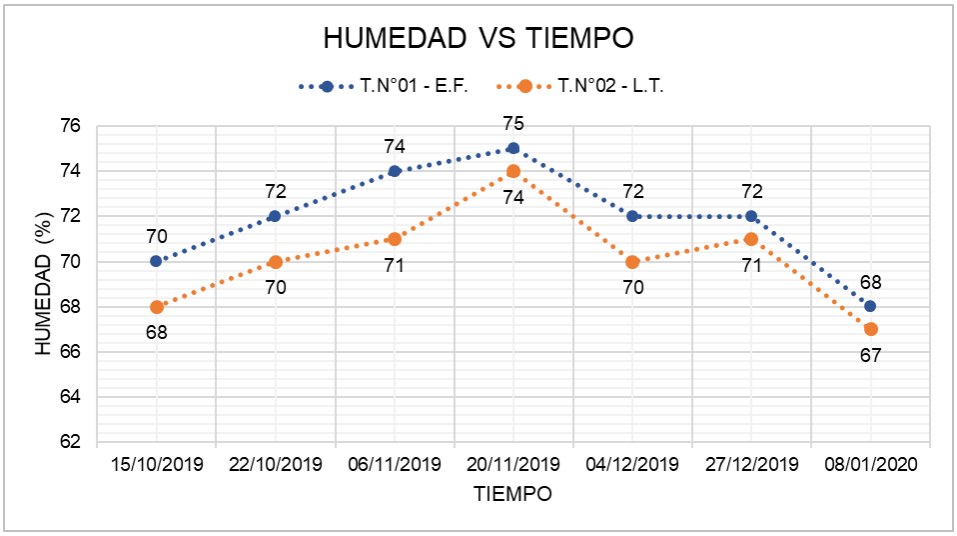


Figura 29 Humedad de La Eisenia Foetida Y Lumbricus Terrestris - Tratamiento

B.4. Resultados de la turbiedad

- Turbiedad para el caso de la Eisenia Foetida - ST1

En la **Tabla 26** y la **Figura 30**, se muestra los valores significativos de la turbiedad en la Etapa de Tratamiento.

Tabla 26

Turbidez ST1 : Eisenia Foetida - Tratamiento

FECHA	AFLUENTE	EFLUENTE
15/10/2019	105.80	32.42
22/10/2019	68.51	22.71
06/11/2019	98.30	48.20
27/12/2019	67.22	25.15
08/01/2020	53.10	30.19
19/02/2020	25.18	13.20

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Por un lado, para el afluente, el valor máximo de la turbiedad fue de 105.80 UNT para la fecha del 15/10/2019 y el valor mínimo igual a 25.18 UNT para la fecha del 19/02/2020. En cambio, el efluente, muestra un valor máximo de 48.20 UNT para el día 06/11/2019 y un valor mínimo de 13.20 UNT para la fecha del 19/02/2020.

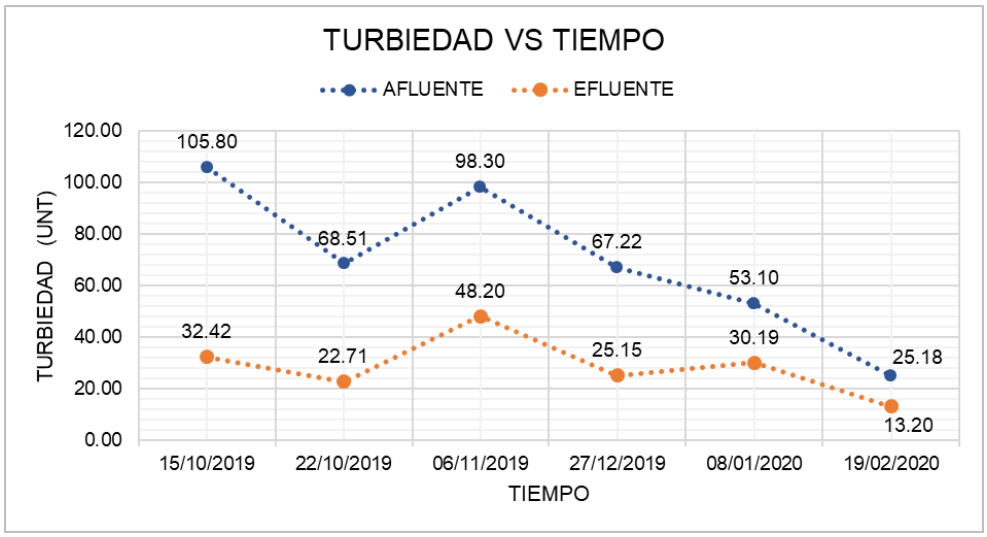


Figura 30 Turbidez ST1 : Eisenia Foetida - Tratamiento

- Turbiedad para el caso de la Lumbricus Terrestris - ST1

En la **Tabla 27** y la **Figura 31**, se muestra los valores significativos de la turbiedad en la Etapa de Tratamiento.

Tabla 27

Turbidez ST1 : Lumbricus Terrestris - Tratamiento

FECHA	AFLUENTE	EFLUENTE
15/10/2019	105.80	31.12
22/10/2019	68.51	20.60
06/11/2019	98.30	41.85
27/12/2019	67.22	20.00
08/01/2020	53.10	23.98
19/02/2020	25.18	10.70

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Por un lado, para el afluente, el valor máximo de la turbiedad fue de 105.80 UNT para la fecha del 15/10/2019 y el valor mínimo igual a 25.18 UNT para la fecha del 19/02/2020. En cambio, el efluente, mostró un valor máximo de 41.85 UNT para el día 06/11/2019 y un valor mínimo de 10.70 UNT para la fecha del 19/02/2020.

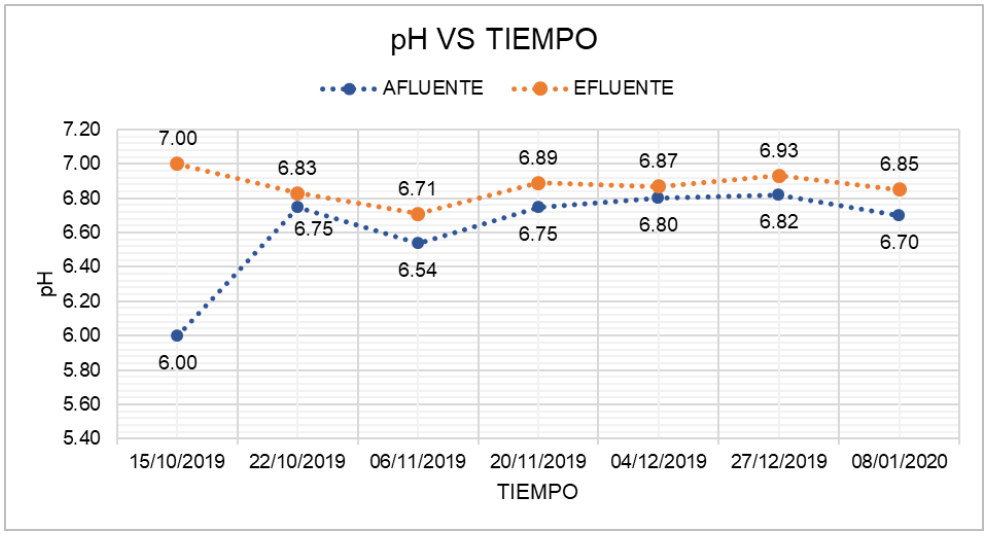


Figura 31 Turbidez ST1 : Lumbricus Terrestris - Tratamiento

B.5. Resultados del tiempo de retención

En la **Tabla 28** y la **Figura 32**, se muestra los valores significativos del tiempo de retención.

Tabla 28

Tiempo de retención - TRH(min) para T1: Eisenia Foetida y T2 : Lumbricus

FECHA	E.F. - TRH(min)	L.T. - TRH(min)
15/10/2019	13	11
22/10/2019	11	9
06/11/2019	12	12
27/12/2019	11	10
08/01/2020	10	9
19/02/2020	12	10
PROMEDIO	**11.50**	**10.17**

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Se muestra, por un lado, para la Eisenia Foetida, que el valor máximo del tiempo de retención fue de 13 min para la fecha del 15/10/2019 y que el valor mínimo fue igual a 10 min para la fecha del 08/01/2020. Por otro lado, en el caso de la Lumbricus Terrestris, se mostró un valor máximo de 12 min para el día 06/11/2019 y un valor mínimo de 9 min para la fecha del 22/10/2019 y 08/01/2020.

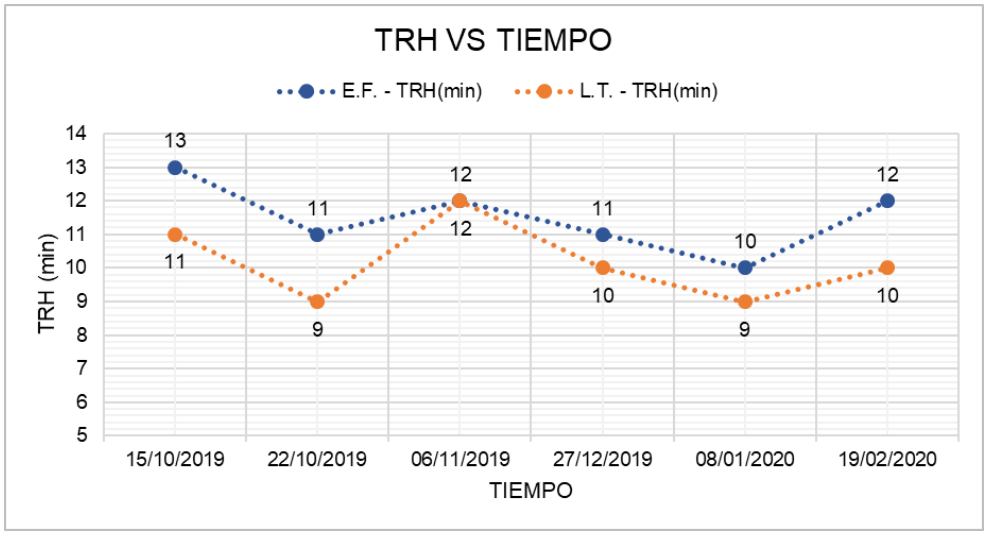


Figura 32 Tiempo de retención ST1: Eisenia Foetida - ST2 : Lumbricus Terrestris - Tratamiento

3.12.2. PARÁMETROS QUÍMICOS (SST, SSV Y COLIFORMES) ANALIZADOS EN EL LABORATORIO POR FECHA DE ANÁLISIS

A. ANÁLISIS DEL 15 DE OCTUBRE DE 2019

A.1. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

En la **Tabla 29** se observa que el afluente del agua residual que ingresó al sistema, lo hizo con una concentración de Sólidos Suspendidos Totales de 140 mg/L, sin embargo, el lombrifiltro con Lumbricus Terrestris disminuyó dicha concentración a 18 mg/L, mientras que el Eisenia Foetida lo bajó a 22 mg/L.

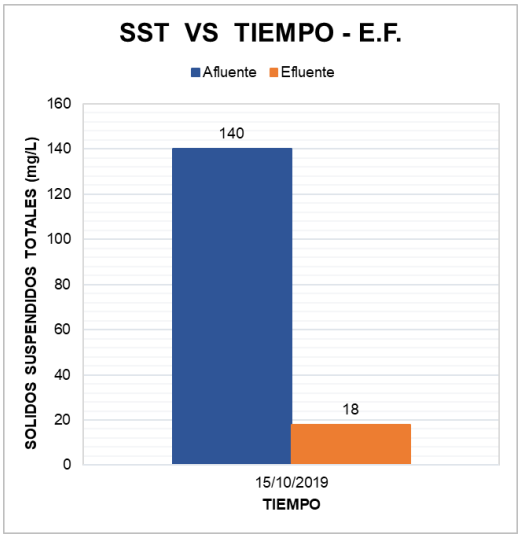
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Por otro lado, se puede apreciar, en la **Figura 34**, que el porcentaje de remoción de SST por la Eisenia Foetida fue de 13 %, mientras que la Lumbricus Terrestris lo remueve en un 16 %, siendo superior al de la Eisenia Foetida.

Tabla 29

Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 15/10/2019

SALIDAS	SST – mg/L		% de remoción
	Afluente	Efluente	
Eisenia Foetida	140	18	13
Lumbricus Terrestris	140	22	16



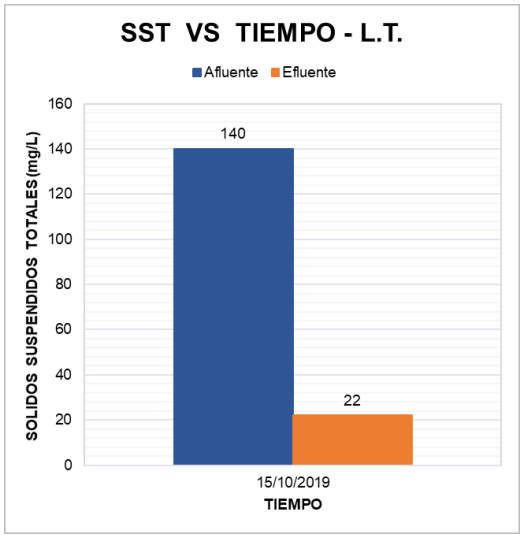


Figura 33 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 15/10/2019

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

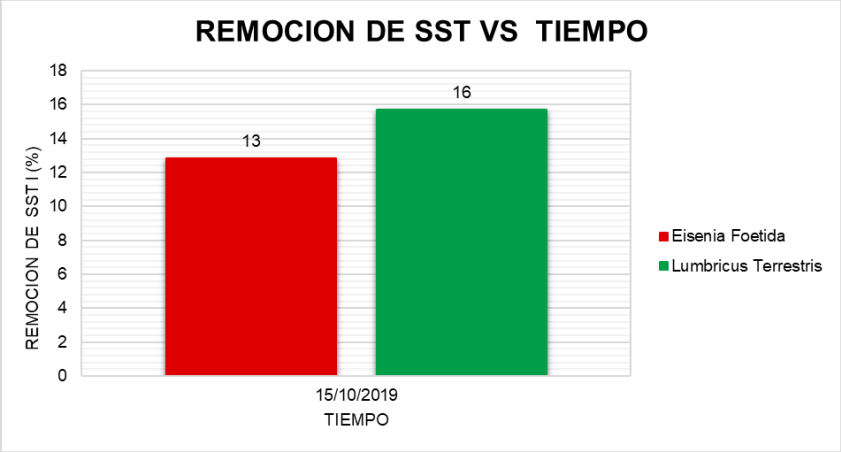


Figura 34 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Totales - 15/10/2019

A.2. Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)

La cantidad de Sólidos Suspendidos Volátiles presentes inicialmente en el agua residual sin tratamiento, fue igual a 80 mg/L para ambos medios filtrantes. Los efluentes de los medios filtrantes de la L. Terrestris y la E. Foetida brindaron un valor similar de Sólidos Suspendidos Volátiles, siendo igual a 12 mg/L.

Tabla 30

Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - 15/10/2019

SALIDAS	SSV – mg/L		% de remoción
	Afluente	Efluente	
Eisenia Foetida	80	12	15
Lumbricus Terrestris	80	12	15

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

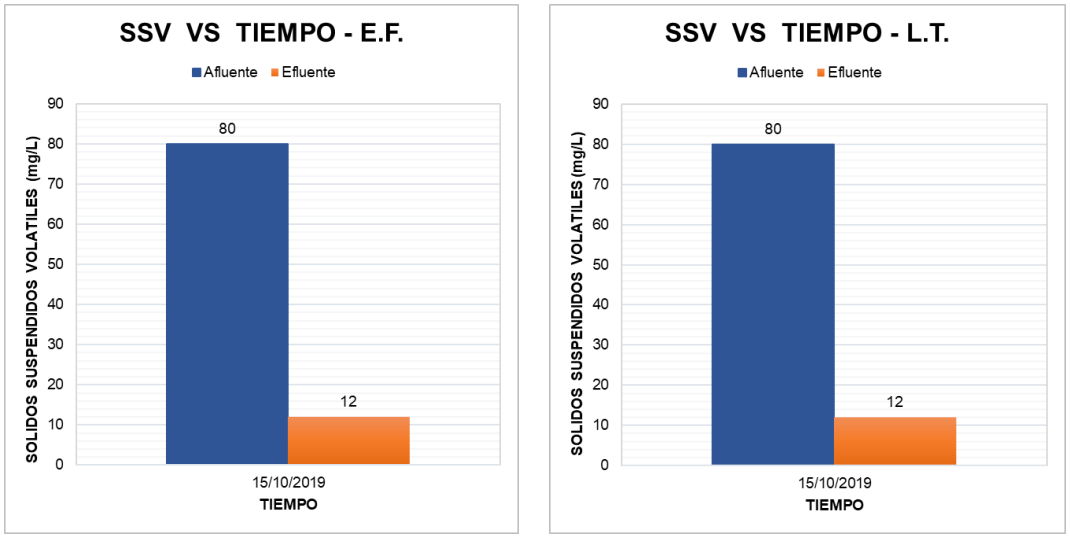


Figura 35 Concentración del Sólidos Suspendidos Volátiles - 15/10/2019

El porcentaje de remoción de SSV, para esta fecha, es similar para ambas especies de lombrices, siendo igual a 15 %.

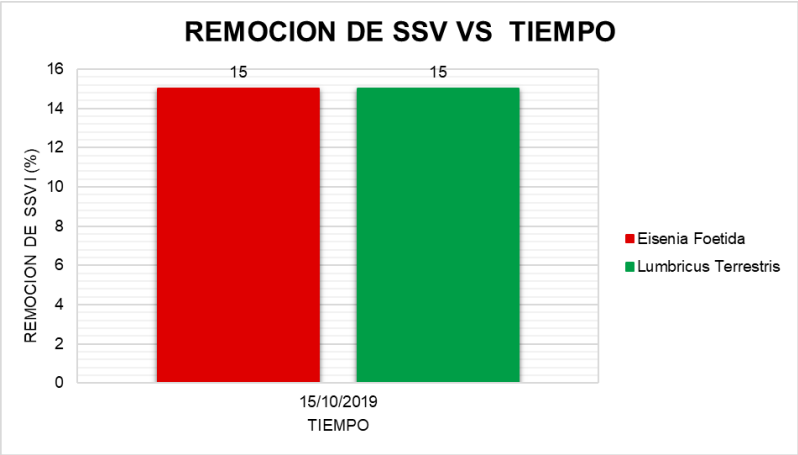


Figura 36 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles - 15/10/2019

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

A.3. Coliformes Fecales

Tabla 31

Concentración de Coliformes Fecales - 15/10/2019

SALIDAS	CF – NMP 100mg/L		% de remoción
	Afluente	Efluente	
Eisenia Foetida	1.1×10^7	1.1×10^7	0
Lumbricus Terrestris	1.1×10^7	1.1×10^7	0

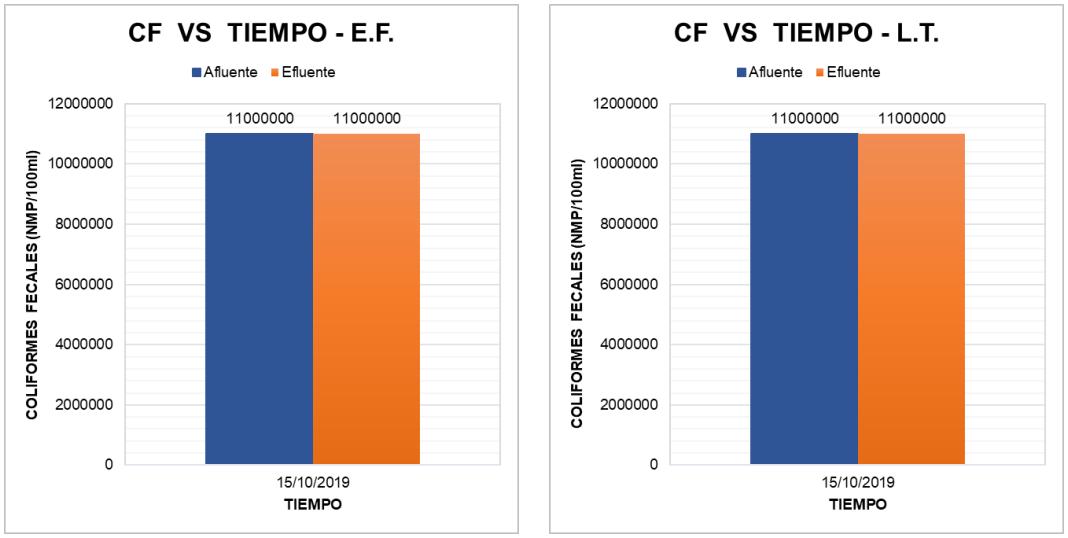


Figura 37 Concentración de Coliformes Fecales - 15/10/2019

En el **Tabla 31** y la **Figura 37** se observa que la concentración de Coliformes Fecales en el afluente y efluente de cada lombrifiltro fue igual, por lo tanto, no se presenta ningún porcentaje de remoción.

B. ANÁLISIS DEL 22 DE OCTUBRE DE 2019

La tabla Tabla 32 y la Figura 38 ; mostraron, para la E. Foetida, un afluente de 71 mg/L y un efluente de 13 mg/L. En cuanto a la L. Terrestris, se tuvo un afluente de 71 mg/L y un efluente de 19 mg/L.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

B.1. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Tabla 32

Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 22/10/2019

SALIDAS	SST – mg/L		% de remoción
	Afluente	Efluente	
Eisenia Foetida	71	13	18
Lumbricus Terrestris	71	19	27

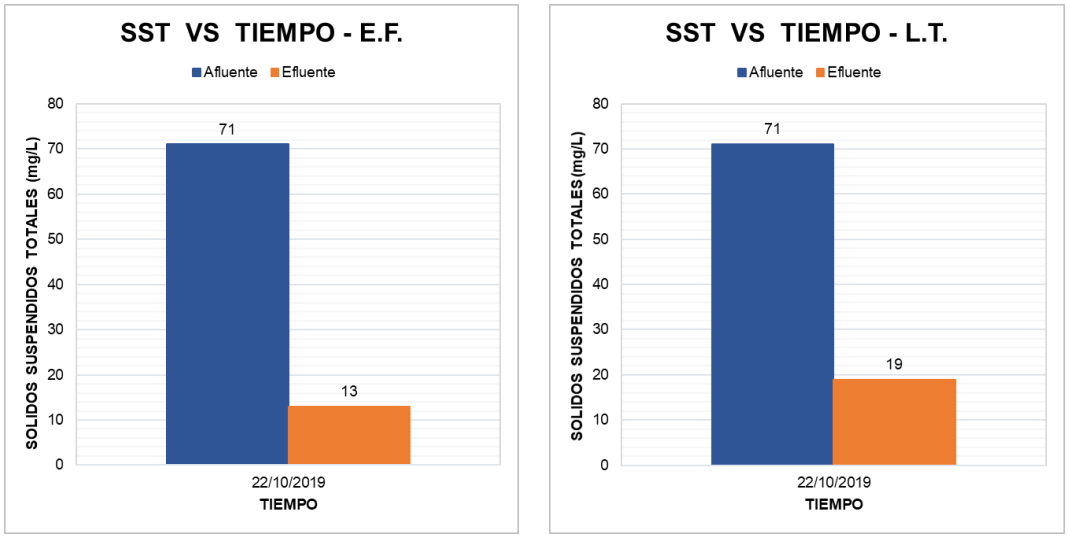


Figura 38 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 22/10/2019

Con respecto al porcentaje de remoción, se puede apreciar en la **Figura 39**, que la E. Foetida removió los Sólidos Suspendidos Totales en un 18 %, mientras que la L. Terrestris los removió en un 27 %.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

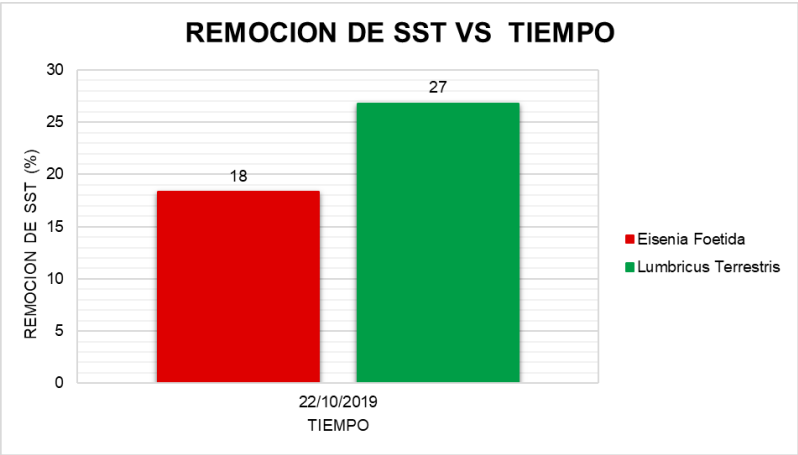


Figura 39 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Totales - 22/10/2019

B.2. Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)

El **Tabla 33**, muestra que la cantidad de Sólidos Suspendidos Volátiles presentes inicialmente en el agua residual sin tratamiento, fue igual a 36 mg/L para ambos medios filtrantes. Los efluentes de los lombrifiltros con la E. Foetida y la L. Terrestris brindaron un valor de Sólidos Suspendidos Volátiles igual a 11 mg/L y 18 mg/L respectivamente.

En relación con la remoción de SSV, se puede observar en la **Figura 41**, una remoción de 31 % con la E. Foetida; mientras que con la L. Terrestris se tuvo una remoción de 22 %.

Tabla 33

Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - 22/10/2019

SALIDAS	SSV – mg/L		% de remoción
	Afluente	Efluente	
Eisenia Foetida	36	11	31
Lumbricus Terrestris	36	18	22

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

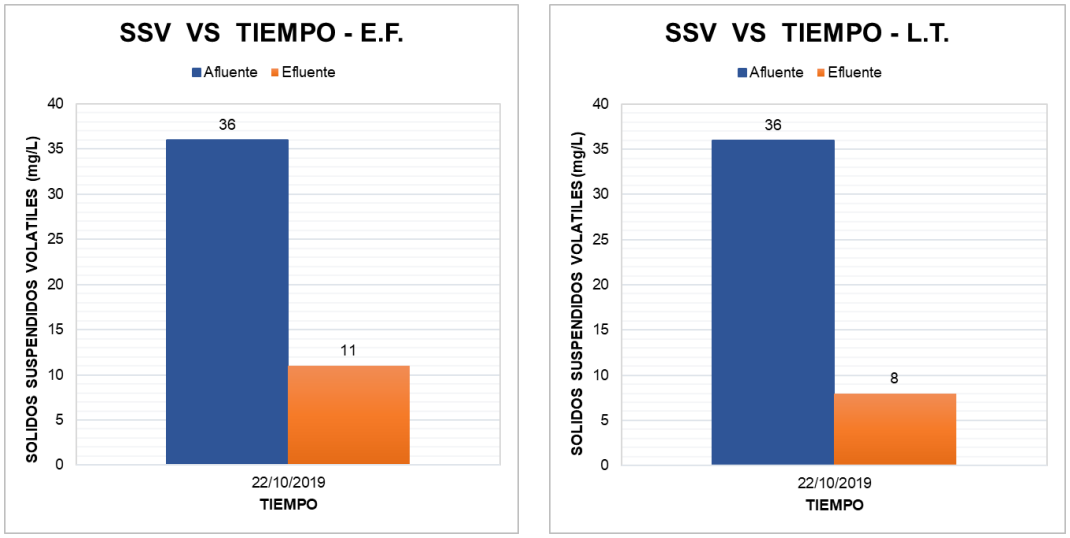


Figura 40 Concentración del Sólidos Suspendidos Volátiles - 22/10/2019

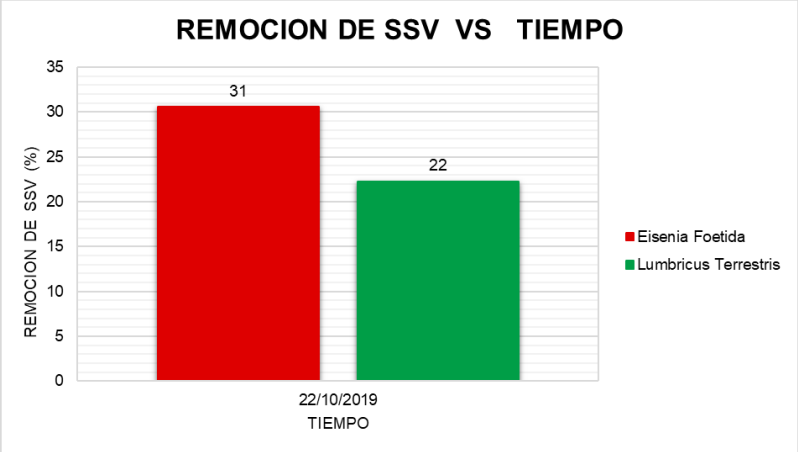


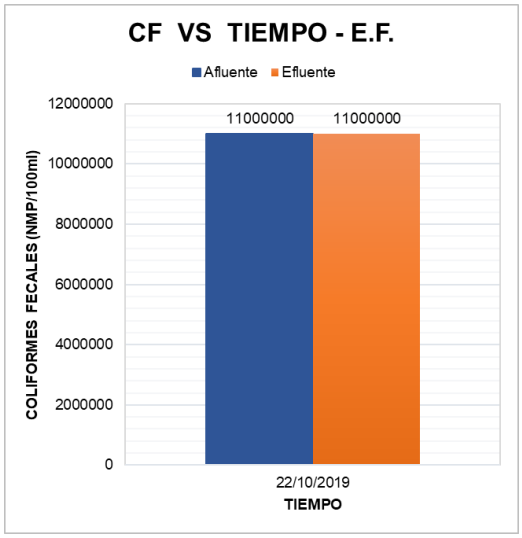
Figura 41 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles - 22/10/2019

B.3. Coliformes Fecales

Tabla 34 Concentración de Coliformes Fecales - 22/10/2019

SALIDAS	CF – NMP 100mg/L		% de remoción
	Afluente	Efluente	
Eisenia Foetida	1.1×10^7	1.1×10^7	0
Lumbricus Terrestris	1.1×10^7	1.1×10^7	0

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú



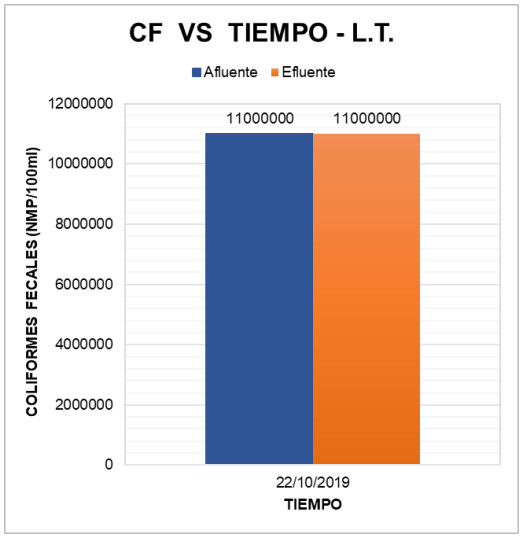


Figura 42 Concentración de Coliformes Fecales - 22/10/2019

En lo que a Coliformes Fecales se refiere, los afluentes y efluentes para ambos lombrifiltros fueron similares. Así pues, no se muestra ninguna remoción.

C. ANÁLISIS DEL 06 DE NOVIEMBRE DE 2019

C.1. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

La **Tabla 35** y la **Figura 43** ; indicaron, para la E. Foetida, un afluente con 126 mg/L de SST y un efluente con 45 mg/L de SST. En cuanto a la L. Terrestris, se tuvo un afluente con 126 mg/L SST y un efluente con 44 mg/L de SST.

Tabla 35

Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 06/11/2019

SALIDAS	SST – mg/L		% de remoción
	Afluente	Efluente	
Eisenia Foetida	126	46	37
Lumbricus Terrestris	126	44	35

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

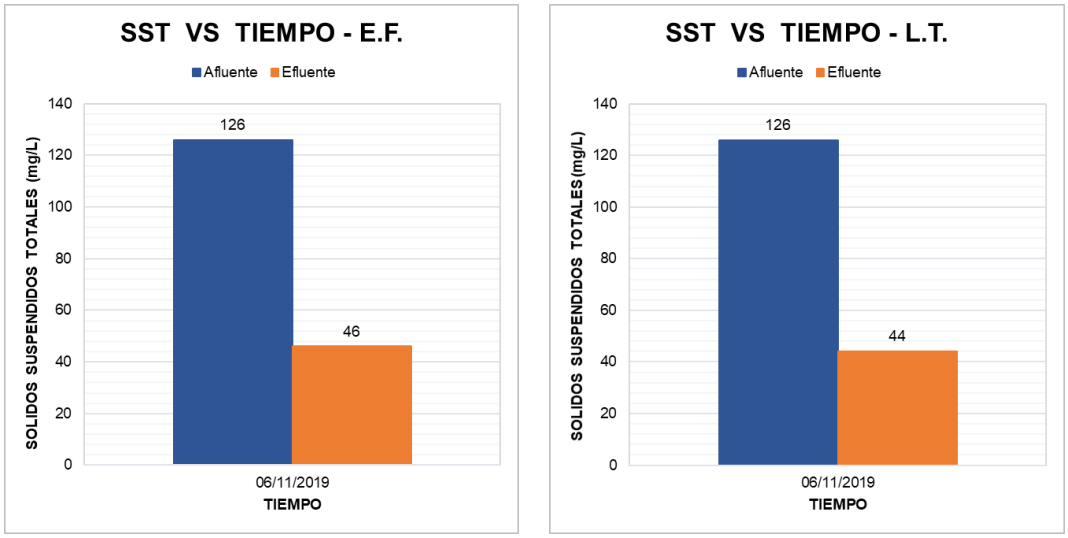


Figura 43 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 06/11/2019

En relación a la remoción de SST, se pudo observar en la **Figura 44**, una remoción de 37 % con la E. Foetida; mientras que con la L. Terrestris se tuvo una remoción de 35 %.

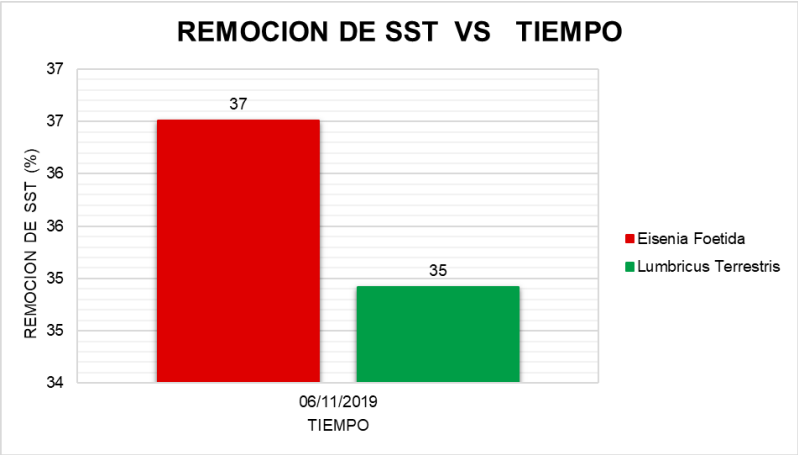


Figura 44 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Totales - 06/11/2019

C.2. Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)

El **Tabla 36**, muestra que los afluentes de ambos lombrifiltros, presentaron una cantidad similar de Sólidos Suspendidos Volátiles, siendo este igual a 121 mg/L. Los efluentes de los lombrifiltros con la E. Foetida y la L.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Terrestris brindaron un valor de Sólidos Suspendidos Volátiles de 31 mg/L y 11 mg/L respectivamente.

Tabla 36

Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - 06/11/2019

SALIDAS	SSV – mg/L		% de remoción
	Afluente	Efluente	
Eisenia Foetida	121	31	26
Lumbricus Terrestris	121	11	9

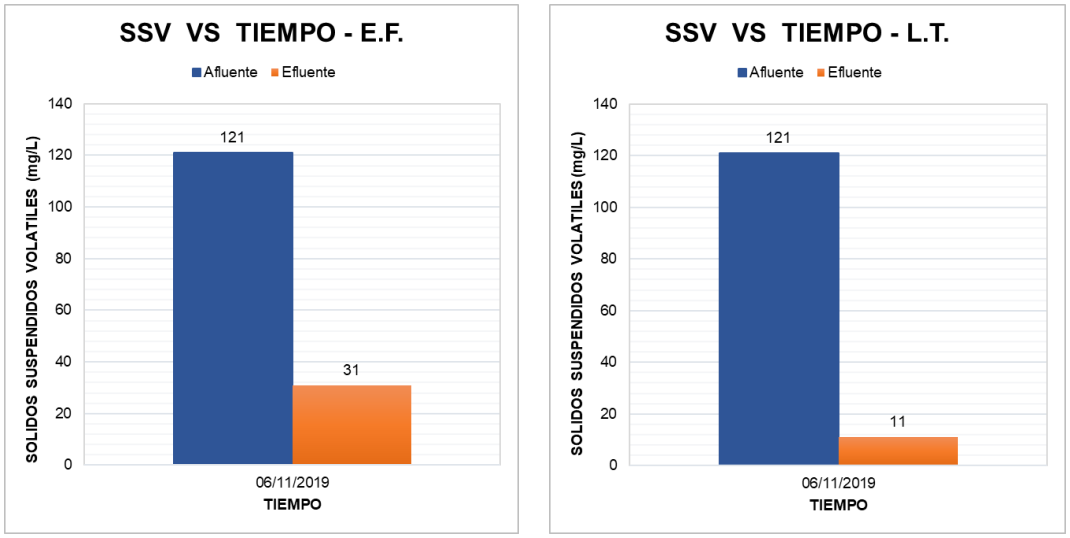


Figura 45 Concentración del Sólidos Suspendidos Volátiles - 06/11/2019

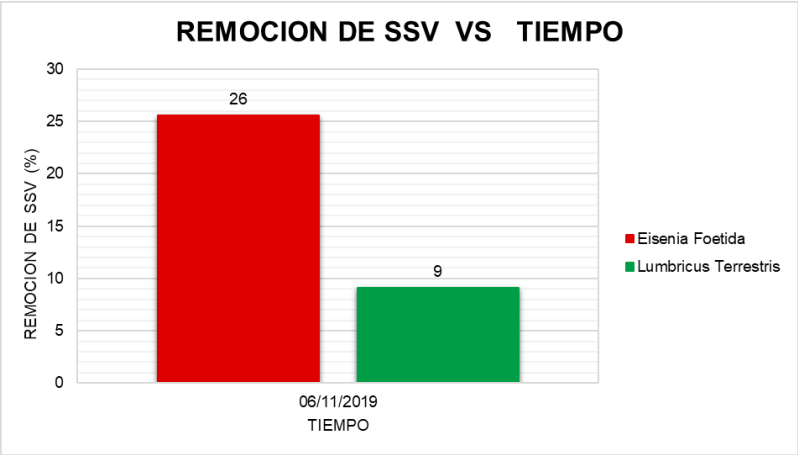


Figura 46 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles - 06/11/2019

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

En relación a la remoción de SSV, se pudo observar en la **Figura 46**, una remoción de 26 % con la E. Foetida; mientras que con la L. Terrestris se tuvo una remoción de 9 %.

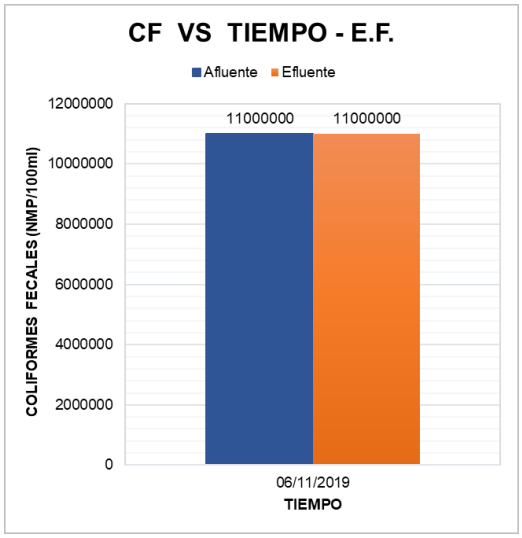
C.3. Coliformes Fecales

En lo que respecta a los Coliformes Fecales, se tiene:

Tabla 37

Concentración de Coliformes Fecales - 06/11/2019

SALIDAS	CF – NMP 100mg/L		% de remoción
	Afluente	Efluente	
Eisenia Foetida	1.1×10^7	1.1×10^7	0
Lumbricus Terrestris	1.1×10^7	1.1×10^7	0



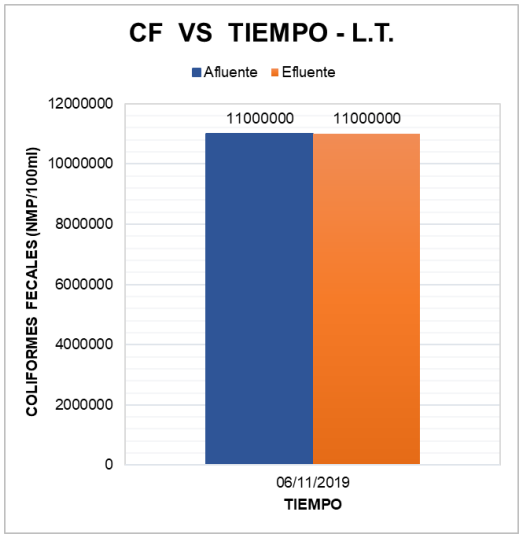


Figura 47 Concentración de Coliformes Fecales - 06/11/2019

Se distinguió diferencia de cantidad de estos últimos, entre los afluentes y efluentes de ambos lombrifiltros, lo que indica que no se presentó ningún porcentaje de remoción.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

D. ANÁLISIS DEL 27 DE DICIEMBRE DE 2019

D.1. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

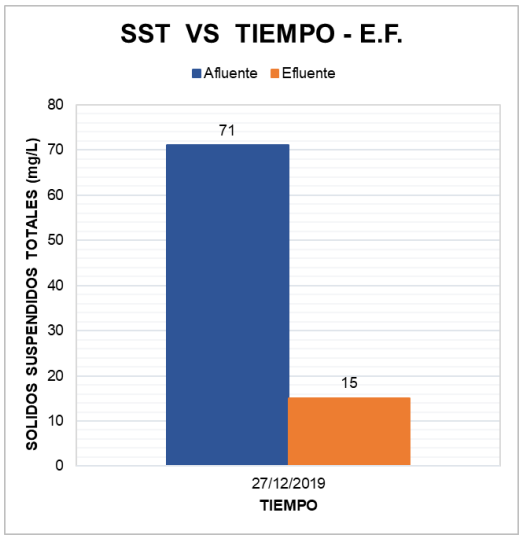
El **Tabla 38** y la **Figura 48** ; muestra, un afluente con 71 mg/L de SST y un efluente con 15 mg/L de SST para la E. Foetida. En cambio, se tuvo un afluente con 71 mg/L de SST y un efluente con 20 mg/L de SST para la L. Terrestris.

En relación a la remoción de SST, se pudo observar en la Figura 49, una remoción de 21 % con la E. Foetida; mientras que con la L. Terrestris se tuvo una remoción de 28 %.

Tabla 38

Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 27/12/2019

SALIDAS	SST – mg/L		% de remoción
	Afluente	Efluente	
Eisenia Foetida	71	15	21
Lumbricus Terrestris	71	20	28



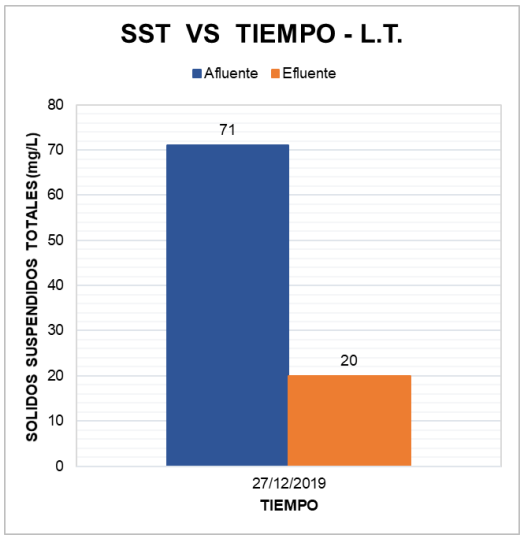


Figura 48 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 27/12/2019

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

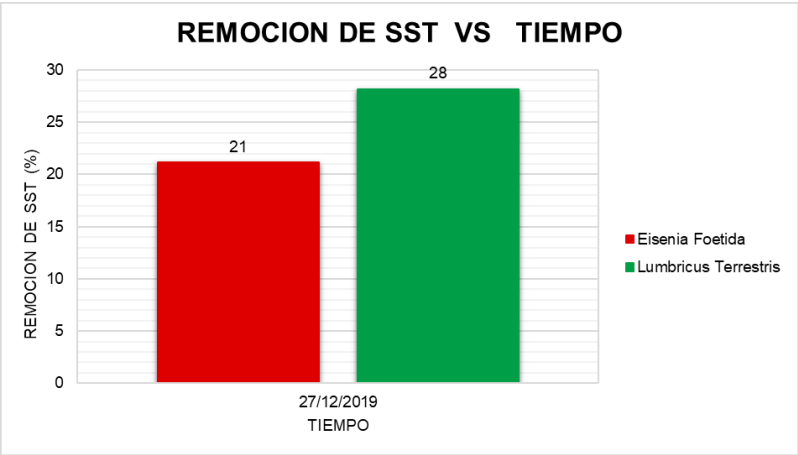


Figura 49 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Totales - 27/12/2019

D.2. Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)

Tabla 39

Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - 27/12/2019

SALIDAS	SSV – mg/L		% de remoción
	Afluente	Efluente	
Eisenia Foetida	41	14	34
Lumbricus Terrestris	41	17	41

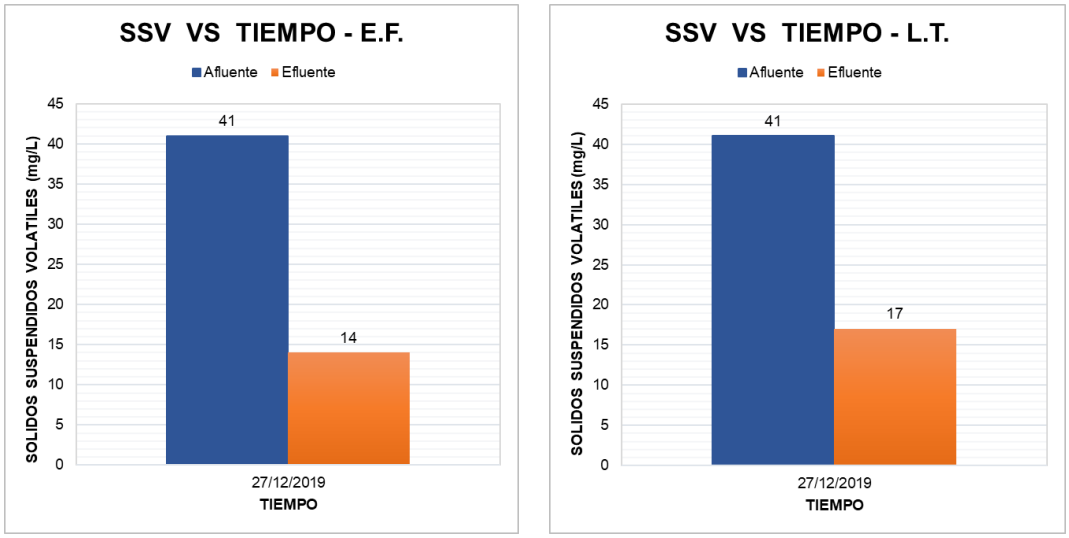


Figura 50 Concentración del Sólidos Suspendidos Volátiles - 27/12/2019

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

El **Tabla 39** y la **Figura 50** ; indica, para la E. Foetida, 41 mg/L de SSV presentes en el afluente y 14 mg/L presentes de SSV en el efluente. En cuanto a la L. Terrestris, se tuvo en el afluente 41 mg/L de SSV y 17 mg/L de SSV en el efluente.

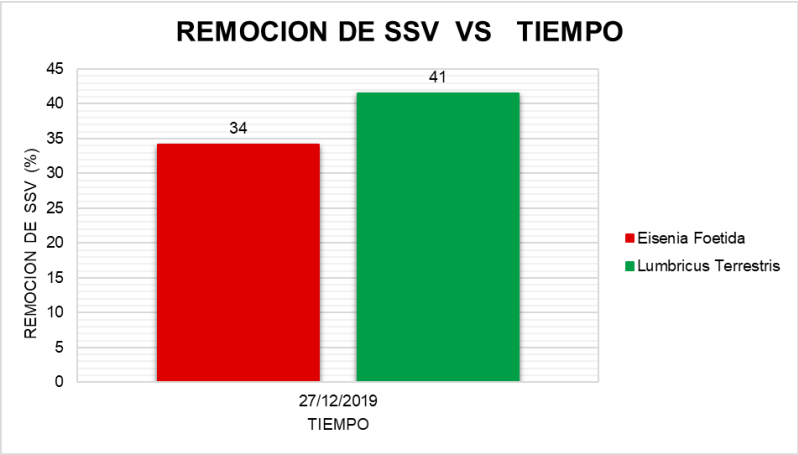


Figura 51 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles - 27/12/2019

En cuanto a los porcentajes de remoción de SSV, se tuvo, por un lado, una remoción de SSV de 34 % con la E. Foetida; mientras que con la L. Terrestris se tuvo una remoción de 41 %.

D.3. Coliformes Fecales

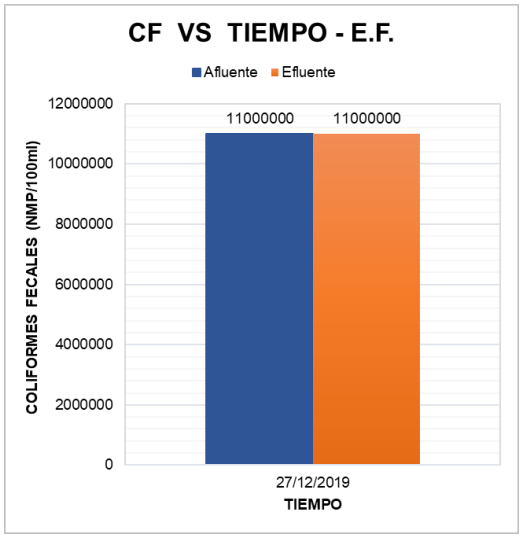
A partir del **Tabla 40**, se puede observar que no existe diferencia notoria entre la presencia de Coliformes Fecales en el afluente y el efluente de ambos medios filtrantes.

Tabla 40

Concentración de Coliformes Fecales - 27/12/2019

SALIDAS	CF – NMP 100mg/L		% de remoción
	Afluente	Efluente	
Eisenia Foetida	1.1×10^7	1.1×10^7	0
Lumbricus Terrestris	1.1×10^7	1.1×10^7	0

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú



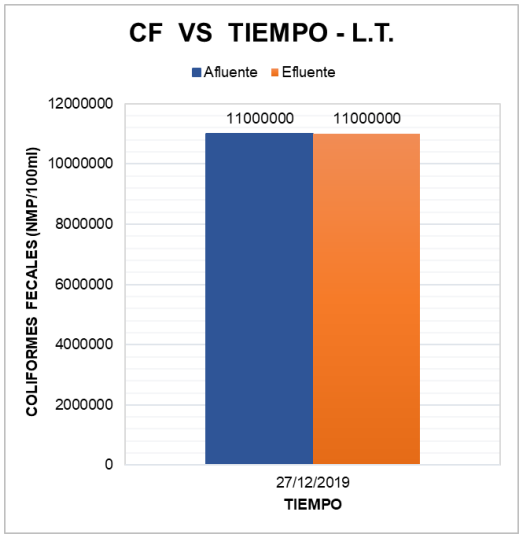


Figura 52 Concentración de Coliformes Fecales - 27/12/2019

E. ANÁLISIS DEL 08 DE ENERO DE 2020

E.1. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Para el análisis correspondiente a esta fecha, se tuvo una presencia de Sólidos Suspendidos Totales de 64 mg/L en el afluente y un 36 mg/L en el efluente para la E. Foetida. Sin embargo, en cuanto a la L. Terrestris, se tuvo una presencia de Sólidos Suspendidos Totales de 64 mg/L en el afluente y un 26 mg/L en el efluente.

Tabla 41

Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 08/01/2020

SALIDAS	SST – mg/L		% de remoción
	Afluente	Efluente	
Eisenia Foetida	64	36	56
Lumbricus Terrestris	64	26	41

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

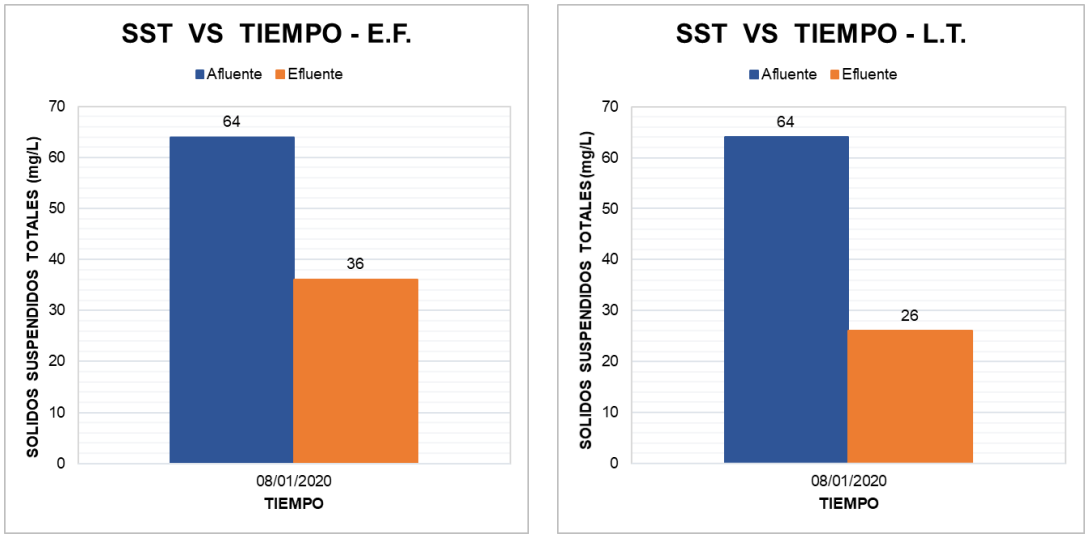


Figura 53 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 08/01/2020

En cuanto a los porcentajes de remoción, la E. Foetida removió los SST en un 56 %, mientras que la L. Terrestris los removió en un 41 %.

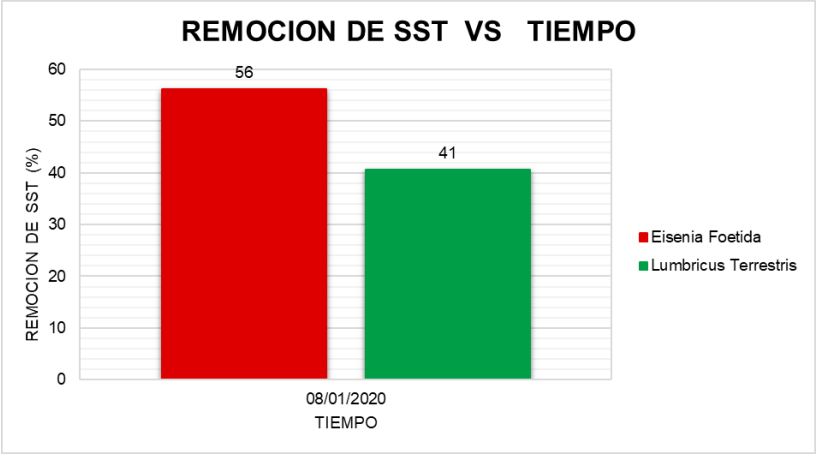


Figura 54 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Totales - 08/01/2020

E.2. Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)

El **Tabla 42** muestra una similitud entre los valores de SSV presentes en el afluente y efluente de ambos lombrifiltros. Así pues, se tuvo 37mg/L de SSV en el afluente y 17mg/L de SSV en el efluente.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 42

Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - 08/01/2020

SALIDAS	SSV – mg/L		% de remoción
	Afluente	Efluente	
Eisenia Foetida	37	17	46
Lumbricus Terrestris	37	17	46

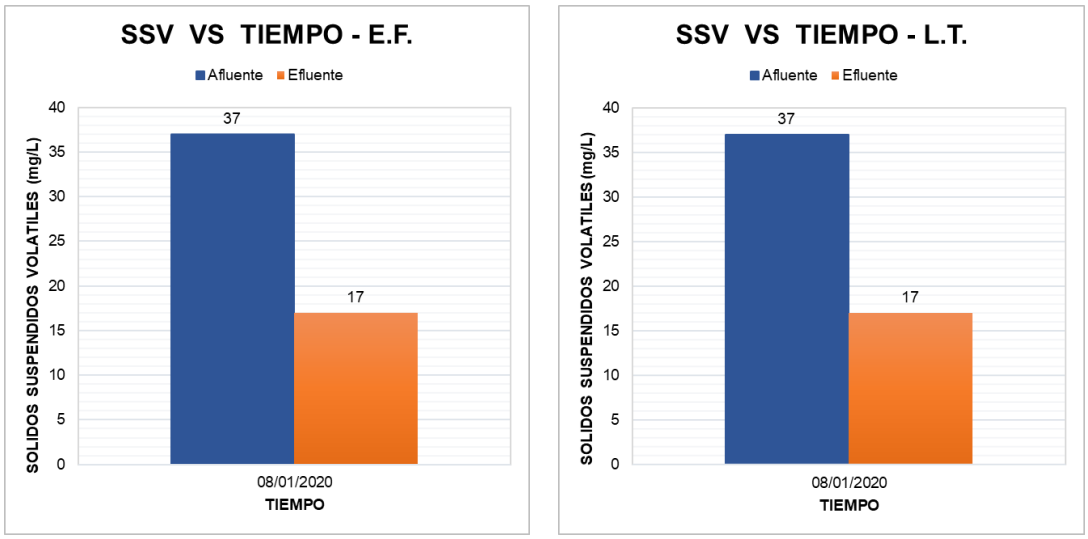


Figura 55 Concentración del Sólidos Suspendidos Volátiles - 08/01/2020

Por otro lado, es evidente observar la similitud entre los porcentajes de remoción como lo muestra la **Figura 56**. Así pues, se tuvo una remoción de 46% de SSV con ambas especies de lombrices.

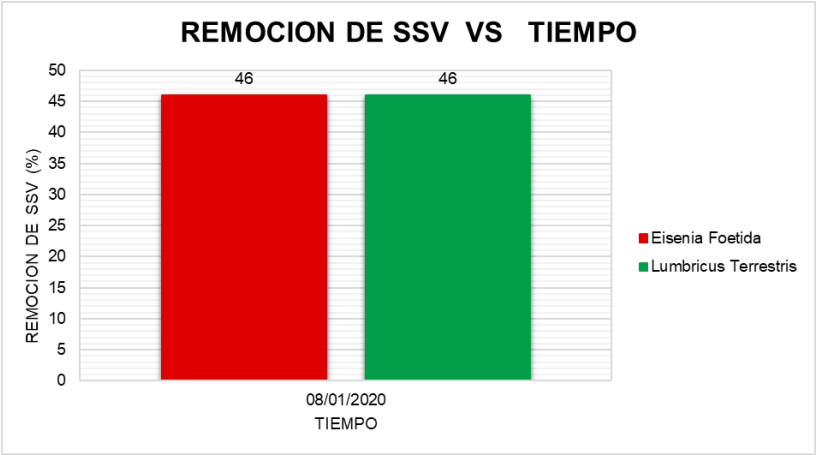


Figura 56 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles - 08/01/2020

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

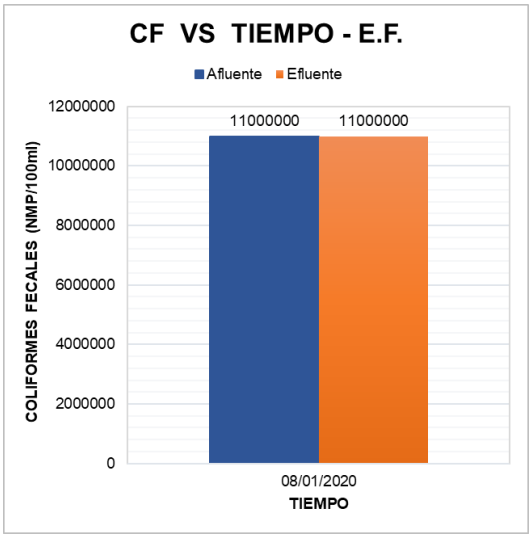
E.3. Coliformes Fecales

Observamos, de la **Figura 57**, que los afluentes y efluentes de ambos medios filtrantes presentan una misma cantidad de Coliformes Fecales, siente igual a 11000000 NMP/100ml. En ese sentido, cabe señalar que los porcentajes de remoción de Coliformes Fecales son nulos en ambos casos.

Tabla 43

Concentración de Coliformes Fecales - 08/01/2020

SALIDAS	CF – NMP 100mg/L		% de remoción
	Afluente	Efluente	
Eisenia Foetida	1.1×10^7	1.1×10^7	0
Lumbricus Terrestris	1.1×10^7	1.1×10^7	0



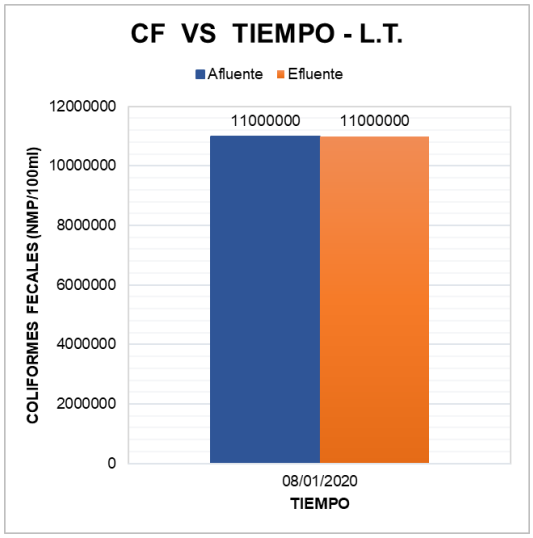


Figura 57 Concentración de Coliformes Fecales - 08/01/2020

F. ANÁLISIS DEL 19 DE FEBRERO DE 2020

F.1. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

El **Tabla 44** y la **Figura 58**; indican, para la E. Foetida, una cantidad de 24 mg/L de SST en el afluente y 11 mg/L de SST en el efluente. En cuanto a la L. Terrestris, se tuvo en el afluente, 24 mg/L de SST; mientras que en el efluente se tiene 9 mg/L de SST.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 44

Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 19/02/2020

SALIDAS	SST – mg/L		% de remoción
	Afluente	Efluente	
Eisenia Foetida	24	11	46
Lumbricus Terrestris	24	9	38

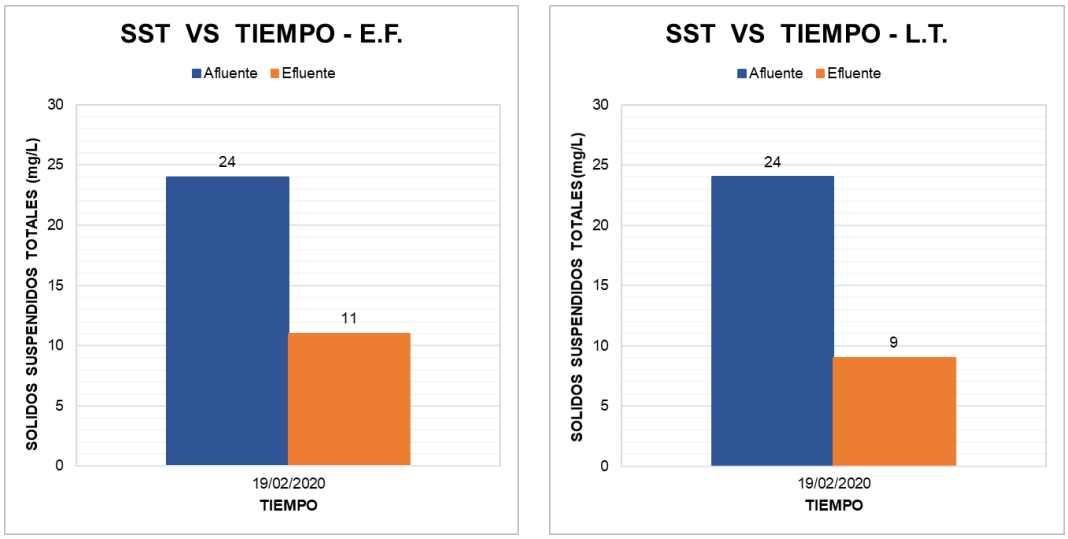


Figura 58 Concentración de Sólidos Suspendidos Totales - 19/02/2020

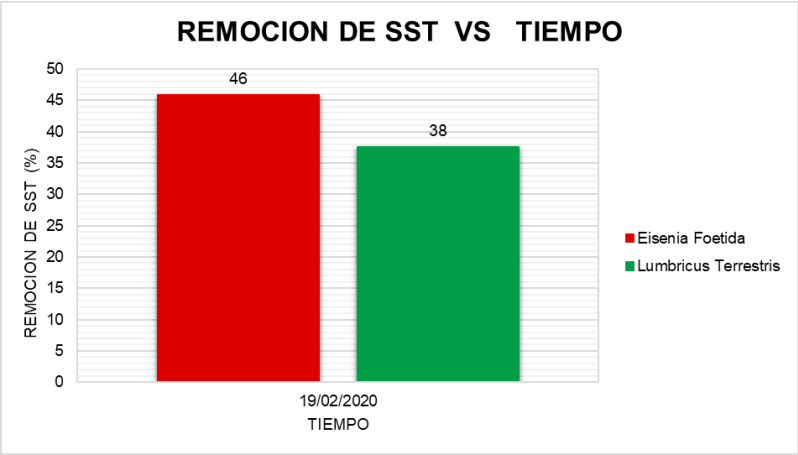


Figura 59 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Totales - 19/02/2020

En relación con la remoción de SST, se puede observar en la **Figura 59**, una remoción de 46 % con la E. Foetida; mientras que con la L. Terrestris se tiene una remoción de 38 %.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

F.2. Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)

El **Tabla 45** y la **Figura 60** ; indican, para la E. Foetida, una cantidad de 19 mg/L de SSV en el afluente y 8 mg/L de SSV en el efluente. En cuanto a la L. Terrestris, se tuvo en el afluente, 19 mg/L de SST; mientras que en el efluente se tuvo 6 mg/L de SSV.

Tabla 45

Concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - 19/02/2020

SALIDAS	SSV – mg/L		% de remoción
	Afluente	Efluente	
Eisenia Foetida	19	8	42
Lumbricus Terrestris	19	6	32

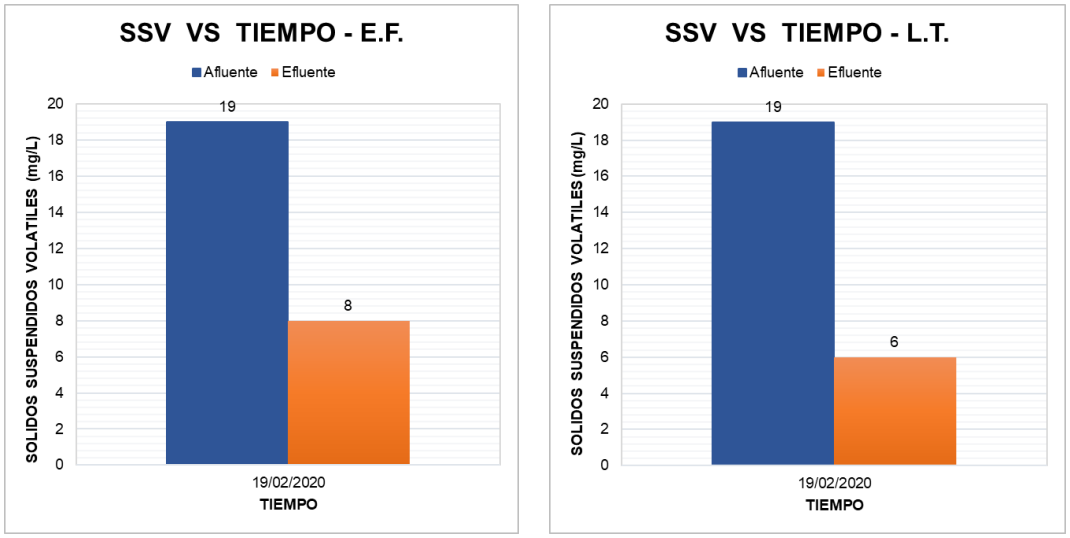


Figura 60 Concentración del Sólidos Suspendidos Volátiles - 19/02/2020

Con respecto al porcentaje de remoción, se puede apreciar en la **Figura 61**, que la E. Foetida remueve los Sólidos Suspendidos Volátiles en un 42 %, mientras que la L. Terrestris los remueve en un 32 %.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

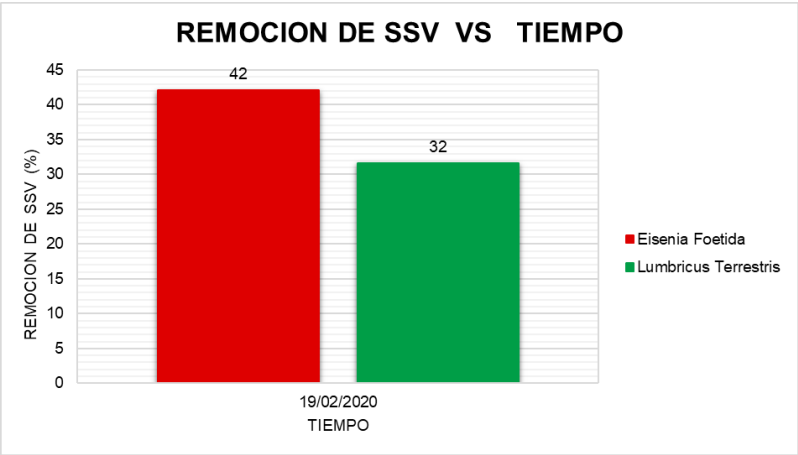


Figura 61 Porcentaje de remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles - 19/02/2020

3.12.3. RESULTADOS DE CONCENTRACIÓN Y EFICIENCIA DE REMOCIÓN

A. RESULTADOS DE CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

A.1. SST - Eisenia Foetida

El cuadro **Tabla 46** muestra el consolidado de cantidades de SST, presentes en el afluente y efluente, durante las distintas fechas de análisis:

Tabla 46

Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Totales de todas las

FECHA	SST - mg/L - E.F.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	140.00	18.00	87.14
22/10/2019	71.00	13.00	81.69
06/11/2019	126.00	46.00	63.49
27/12/2019	71.00	15.00	78.87
08/01/2020	64.00	36.00	43.75
19/02/2020	24.00	11.00	54.17
		Promedio	68.19

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

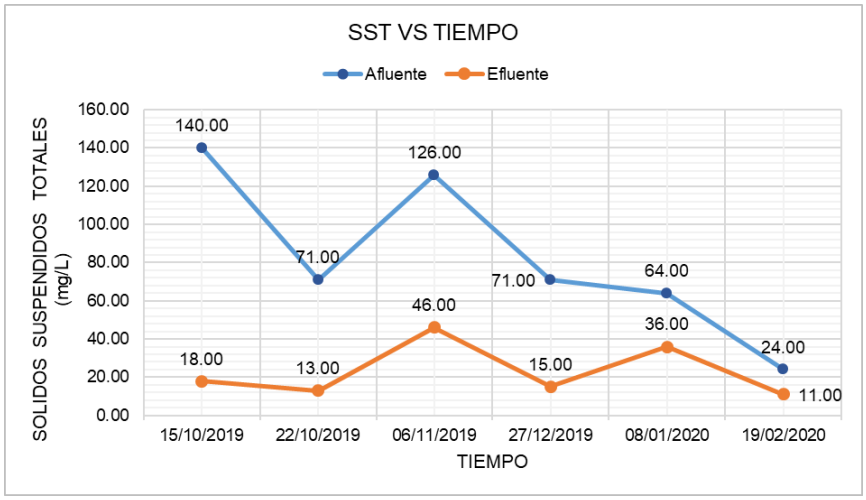


Figura 62 Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Totales E.F.

Se observa en la **Figura 62** que en cuanto a la cantidad de SST presente en el afluente, se tuvo un valor máximo de 140 mg/L para la fecha del 15/10/2019 y un valor mínimo de 24 mg/L para el 19/02/2020. No obstante, respecto a la presencia de SST en el efluente, se observó un valor máximo de 46 mg/L para la fecha del 06/11/2019 y un valor mínimo de 11 mg/L correspondiente a la fecha 19/02/2020.

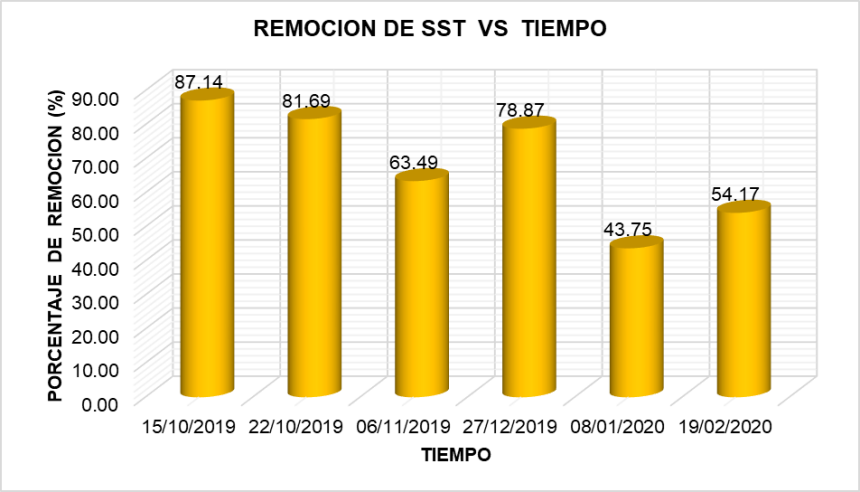


Figura 63 Porcentaje de remoción de SST durante todas las fechas de análisis - E.F.

Por otro lado, se mostró una remoción máxima de SST en un 87.14 % para la fecha del 15/10/2019; mientras que se tuvo una remoción mínima de

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

43.75 % para la fecha del 08/01/2020. La remoción promedio de SST se estimó en un 68.19 %.

A.2. SST - Lumbricus Terrestris

Tabla 47

Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Totales - L.T.

FECHA	SST - mg/L - L.T.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	140.00	22.00	84.29
22/10/2019	71.00	19.00	73.24
06/11/2019	126.00	44.00	65.08
27/12/2019	71.00	20.00	71.83
08/01/2020	64.00	26.00	59.38
19/02/2020	24.00	9.00	62.50
		Promedio	69.39

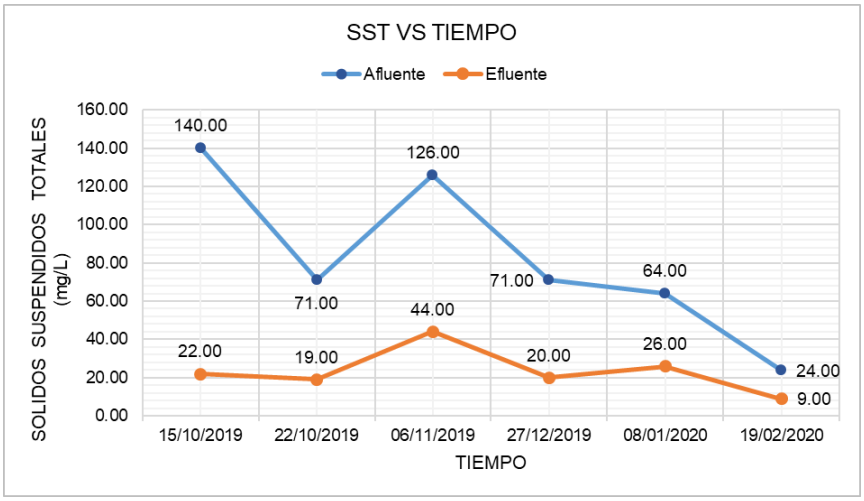


Figura 64 Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Totales - L.T.

En el **Tabla 47** y la **Figura 64**, se observa las concentraciones en mg/L de SST en el afluente y efluente de los medios filtrantes durante todas las fechas de evaluación. En cuanto al afluente, la concentración máxima de SST se presentó para la fecha del 15/10/2019, siendo este igual a 140 mg/L; mientras que la concentración mínima se presentó para la fecha del 19/02/2020 con 24 mg/L. De igual forma, respecto al efluente, la concentración máxima de SST se

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

presentó para la fecha del 06/11/2019 con 44 mg/L, mientras que la concentración mínima se presentó para la fecha del 19/02/2020 con 9 mg/L.

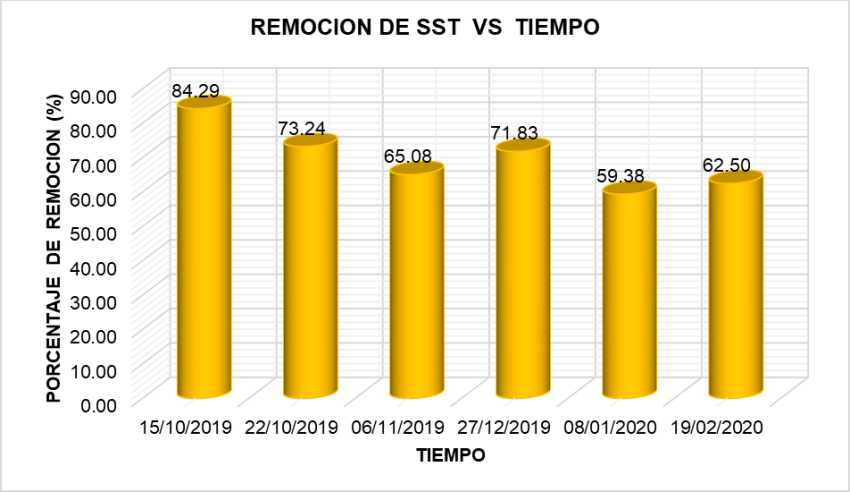


Figura 65 Porcentaje de remoción de SST durante todas las fechas de análisis - L.T.

Según la **Figura 65**, se tuvo una remoción máxima de SST en un 84.29 % para la fecha del 15/10/2019; mientras que la remoción mínima se presentó para fecha del 08/01/2020 con un 59.38 %. La remoción promedio de SST se estimó en un 69.39 %.

B. RESULTADOS DE CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES

B.1. SSV - Eisenia Foetida

En el **Tabla 48** y la **Figura 66**, se observa las concentraciones en mg/L de SSV, presentes en el afluente y efluente de los medios filtrantes durante todas las fechas de evaluación. En cuanto al afluente, la concentración máxima de SSV se presentó para la fecha del 06/11/2019, siendo este igual a 121 mg/L; mientras que la concentración mínima se presentó para la fecha del 19/02/2020 con 19 mg/L.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 48

Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - E.F.

FECHA	SSV - mg/L - E.F.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	80.00	12.00	85.00
22/10/2019	36.00	11.00	69.44
06/11/2019	121.00	31.00	74.38
27/12/2019	41.00	14.00	65.85
08/01/2020	37.00	17.00	54.05
19/02/2020	19.00	8.00	57.89
		Promedio	67.77

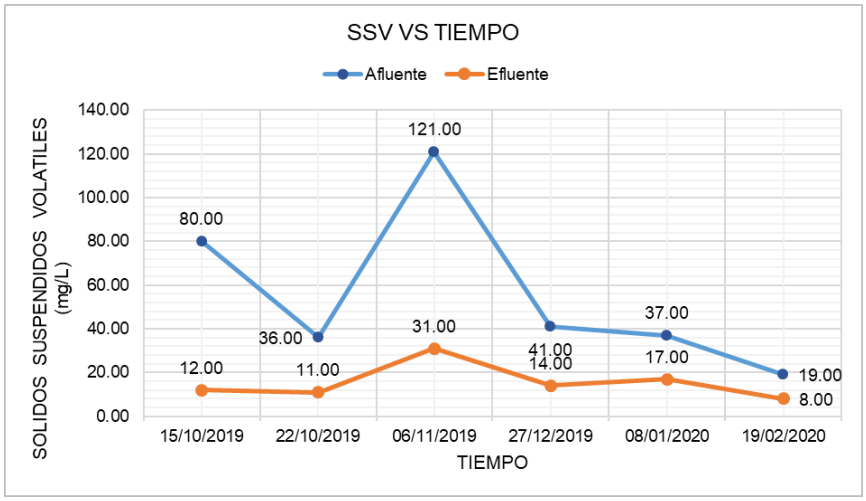


Figura 66 Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - E.F.

De igual forma, respecto al efluente, la concentración máxima de SSV se presentó para la fecha del 06/11/2019 con 31 mg/L, mientras que la concentración mínima se presentó para la fecha del 19/02/2020 con 8 mg/L. Se tuvo una remoción máxima de SSV en un 85.00 % para la fecha del 15/10/2019; mientras que la remoción mínima se presentó para fecha del 08/01/2020 con un 54.05 %. La remoción promedio de SSV se estima en un 67.77 %.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

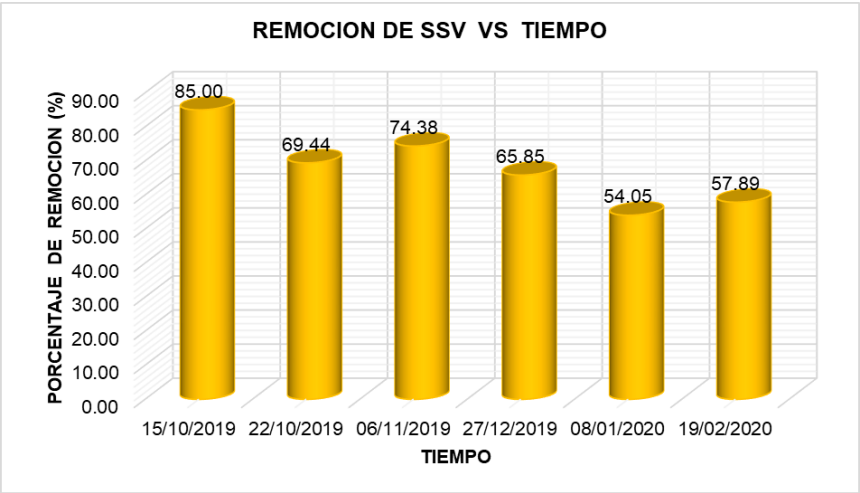


Figura 67 Porcentaje de remoción de SSV durante todas las fechas de análisis - E.F.

B.2. SSV - Lumbricus Terrestris

En el **Tabla 49** y la **Figura 68**, se observa las concentraciones en mg/L de SSV, presentes en el afluente y efluente de los medios filtrantes durante todas las fechas de análisis.

Tabla 49

Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - L.T.

FECHA	SSV - mg/L - L.T.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	80.00	12.00	85.00
22/10/2019	36.00	8.00	77.78
06/11/2019	121.00	11.00	90.91
27/12/2019	41.00	17.00	58.54
08/01/2020	37.00	17.00	54.05
19/02/2020	19.00	6.00	68.42
		Promedio	72.45

En relación al afluente, la concentración máxima de SSV se presentó para la fecha del 06/11/2019, siendo este igual a 121 mg/L; mientras que la concentración mínima se presentó para la fecha del 19/02/2020 con 19 mg/L. De igual forma, respecto al efluente, la concentración máxima de SSV se presentó para las fechas del 27/12/2019 y 08/01/2020 con 17 mg/L, mientras

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

que la concentración mínima se presentó para la fecha del 19/02/2020 con 6 mg/L.

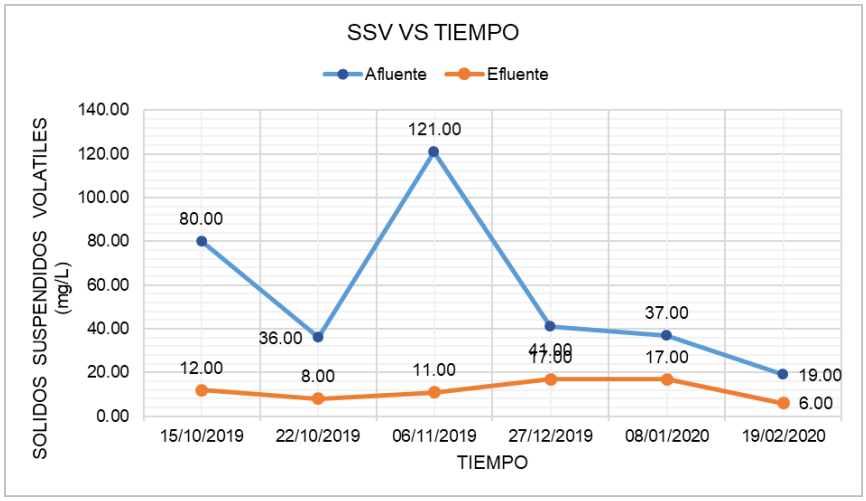


Figura 68 Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - L.T.

Por otro lado, se puede notar a partir de la **Figura 69**, que existe una remoción máxima de SSV en un 90.91 % para la fecha del 06/11/2019; mientras que la remoción mínima se presentó para fecha del 08/01/2020 con un 54.05 %. La remoción promedio de SSV se estimó en un 72.45 %.

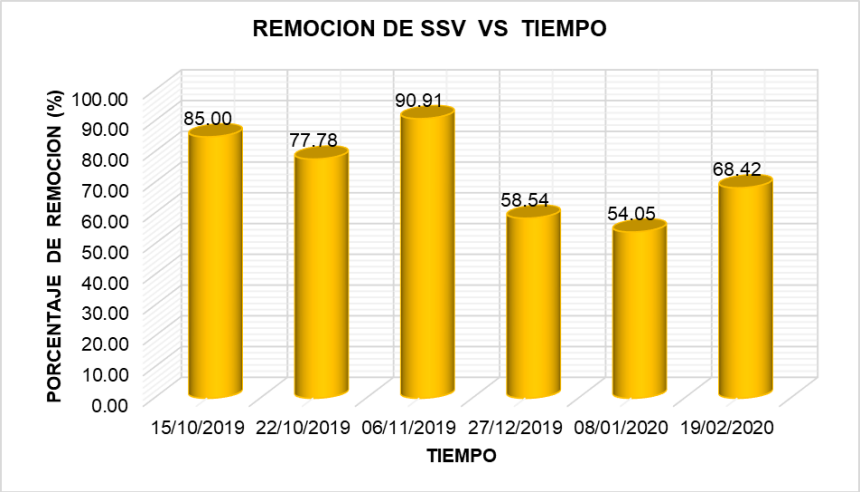


Figura 69 Porcentaje de remoción de SSV durante todas las fechas de análisis - L.T.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

C. RESULTADOS DE CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES FECALES

C.1. CF - Eisenia Foetida

Por lo que se refiere a los Coliformes Fecales, se puede observar de la **Tabla 50**, que tanto el afluente como el efluente conservaron la misma concentración de C.F.. En consecuencia, la Eisenia Foetida no muestra ninguna remoción.

Tabla 50

Resultados de concentración de Coliformes Fecales - E.F.

FECHA	CF - NMP/100ml - E.F.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
22/10/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
06/11/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
20/11/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
04/12/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
08/01/2020	1.10E+07	1.10E+07	0
		Promedio	0

C.2. CF - Lumbricus Terrestris

Tabla 51

Resultados de concentración de Lumbricus Terrestris - L.T.

FECHA	CF - NMP/100ml - L.T.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
22/10/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
06/11/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
20/11/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
04/12/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
08/01/2020	1.10E+07	1.10E+07	0
		Promedio	0

Del **Tabla 51**, podemos observar que no existe diferencia entre las concentraciones de Coliformes fecales presentes en el afluente y efluente. Por

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

consiguiente, no se tuvo alguna remoción de Coliformes fecales por las Lumbricus Terrestris.

D. RESUMEN DE REMOCIÓN DE CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES Y COLIFORMES FECALES

Tabla 52

Resumen de remoción de concentración de Sólidos Suspendidos Totales y

FECHA	Eisenia Foetida		Lumbricus Terrestris	
	% de remoción de SST	% de remoción de SSV	% de remoción de SST	% de remoción de SSV
15/10/2019	87.14	84.29	85.00	85.00
22/10/2019	81.69	73.24	69.44	77.78
06/11/2019	63.49	65.08	74.38	90.91
27/12/2019	78.87	71.83	65.85	58.54
08/01/2020	43.75	59.38	54.05	54.05
19/02/2020	54.17	62.50	57.89	68.42
PROMEDIO	68.19	69.39	67.77	72.45

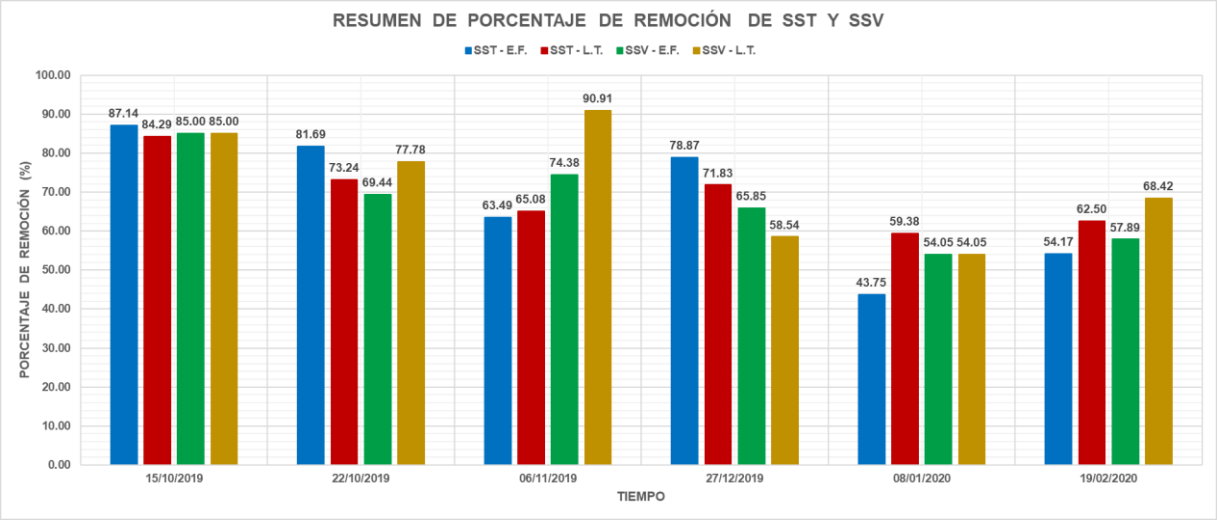


Figura 70 Resumen de remoción de concentración de Sólidos Suspendidos Totales y Sólidos Suspendidos Volátiles

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3.12.4. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS EVALUADOS CON RESPECTO A LOS ECA (CATEGORÍA 4) DEL DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM

A. SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES SEGÚN LOS ECA. CAT. 4

Tabla 53

Comparación de los SST con los ECA – Cat. 4.

FECHA	SST - mg/L - E.F.		SST - mg/L - L.T.		ECA
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	
15/10/2019	140.00	18.00	140.00	22.00	100
22/10/2019	71.00	13.00	71.00	19.00	100
06/11/2019	126.00	46.00	126.00	44.00	100
27/12/2019	71.00	15.00	71.00	20.00	100
08/01/2020	64.00	36.00	64.00	26.00	100
19/02/2020	24.00	11.00	24.00	9.00	100

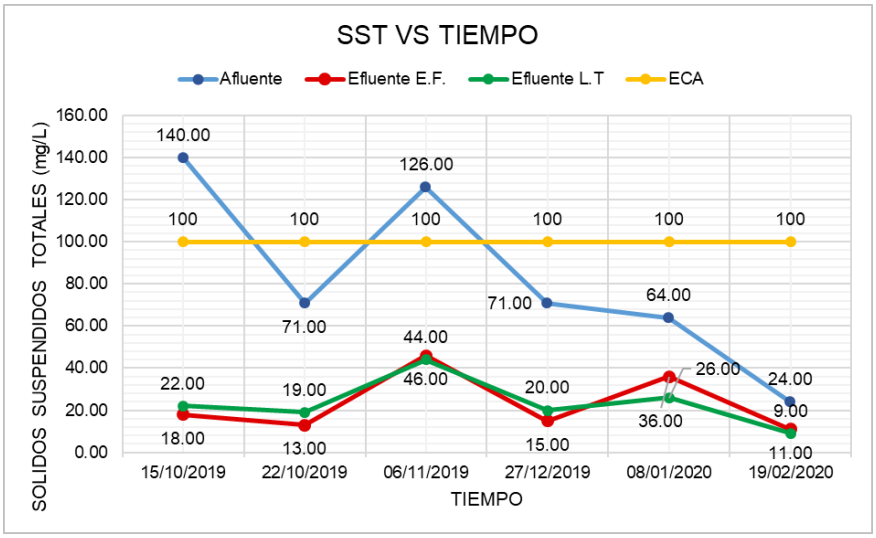


Figura 71 Comparación de los SST con los ECA – Cat. 4.

De la **Tabla 53** y la **Figura 71**, se observa las concentraciones en mg/L de Sólidos Suspendidos Totales del afluente y efluente de los lombrifiltros, estos resultados fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), Categoría 4, subcategoría E2: Ríos, para ríos de la costa y sierra; el cual indica

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

que la que la concentración de Sólidos Suspendidos Totales debe ser igual o menor a 100 mg/L. En ese sentido se aprecia que todos los valores del efluente se encuentran dentro del intervalo indicado por los ECA para el caso de los SST.

B. SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES SEGÚN LOS ECA. CAT. 4

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), Categoría 4, subcategoría E2: Ríos, para ríos de la costa y sierra indica que la que la concentración de Sólidos Suspendidos Totales debe ser igual o menor a 100 mg/L. En ese sentido se aprecia que todos los valores del efluente se encuentran dentro del intervalo indicado por los ECA para el caso de los SSV.

Tabla 54

Comparación de los SSV con los ECA – Cat. 4.

FECHA	SSV - mg/L - E.F.		SSV - mg/L - L.T.		ECA
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	
15/10/2019	80.00	12.00	80.00	12.00	100
22/10/2019	36.00	11.00	36.00	8.00	100
06/11/2019	121.00	31.00	121.00	11.00	100
27/12/2019	41.00	14.00	41.00	17.00	100
08/01/2020	37.00	17.00	37.00	17.00	100
19/02/2020	19.00	8.00	19.00	6.00	100

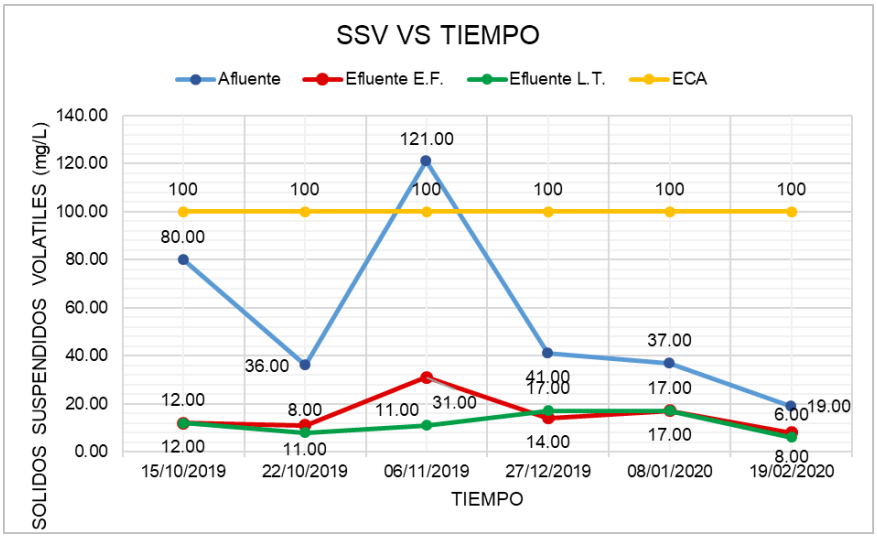


Figura 72 Comparación de los SSV con los ECA – Cat. 4.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

C. COLIFORMES FECALES SEGÚN LOS ECA. CAT. 4

Tabla 55

Comparación de los Coliformes Fecales con los ECA – Cat. 4.

FECHA	CF - NMP/100ml - E.F.		CF - NMP/100ml - L.T.		ECA
	Afluente	Efluente	Afluente	Efluente	
15/10/2019	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	0
22/10/2019	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	0
06/11/2019	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	0
20/11/2019	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	0
04/12/2019	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	0
27/12/2019	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	0
08/01/2020	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	1.10E+07	0

3.12.5. DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES DE DEGRADACIÓN

La determinación de los coeficientes de degradación se hizo calculando, en un primer momento, el coeficiente de degradación del medio filtrante en su totalidad. Luego, se halló el coeficiente de degradación de los sustratos excluyendo al aserrín y las lombrices. Seguidamente, se realizó la diferencia de los coeficientes de degradación anteriormente mencionados para determinar aquel que corresponde al aserrín y las lombrices. Ver **Figura 13**.

A. COEFICIENTES DE DEGRADACIÓN - SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

A.1. SST - Eisenia Foetida

- Determinación del coeficiente de degradación del medio filtrante (k):

Podemos determinar un valor aproximado del coeficiente de degradación del medio filtrante haciendo uso de la expresión indicada en (METCALF, 1995). Para ello despejamos (k) de la siguiente relación:

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

$$\frac{C_e}{C_a} = \exp(-kt) \qquad \text{.....(7)}$$

$$k = -\frac{\ln\left(\frac{C_e}{C_a}\right)}{t} \qquad \text{.....(8)}$$

Donde:

- C_a[mg/L]: Concentración de la materia orgánica en el afluente.
- C_e[mg/L]: Concentración de la materia orgánica en el efluente.
- k: Coeficiente de degradación.
- t[días]: tiempo.

Tabla 56

Determinación del coeficiente de degradación del medio filtrante (k)- SST - EF

FECHA	N° de día	SST - mg/L - E.F.			
		Afluente	Efluente	Ce/Ca	k
15/10/2019	**1**	140.00	18.00	0.129	2.051
22/10/2019	**8**	71.00	13.00	0.183	0.212
06/11/2019	**23**	126.00	46.00	0.365	0.044
27/12/2019	**74**	71.00	15.00	0.211	0.021
08/01/2020	**86**	64.00	36.00	0.563	0.007
19/02/2020	**128**	24.00	11.00	0.458	0.006
				PROMEDIO	0.390

- Determinación del coeficiente de degradación de los sustratos (k_1):

Para poder determinar el aporte de los sustratos al coeficiente de degradación, se aplicó la fórmula citada en (Ramalho, 1993) y (METCALF, 1995):

$$\frac{C_e}{C_a} = \exp\left(-\frac{k_1 D}{L^n}\right) \qquad \text{.....(9)}$$

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

$$k_1 = -\frac{\ln\left(\frac{C_e}{C_a}\right)}{D} \times L^n \qquad \text{.....(10)}$$

Donde:

- C_a[mg/L]: Concentración de la materia orgánica en el afluente.
- C_e[mg/L]: Concentración de la materia orgánica en el efluente.
- D[m]: Profundidad, 0.57.
- L[m3/(s)(m2)]: Carga hidráulico, 1.608 x 10-7.
- k: Constante de velocidad del sustrato.
- n: Constante, 0.50.

Haciendo uso de los datos de muestreo y los de diseño, determinamos el aporte de los sustratos a partir de la ecuación (10):

Tabla 57

Determinación del coeficiente de degradación del sustrato (k1) - SST - EF

FECHA	SST - mg/L - E.F.			
	Afluente	Efluente	Ce/Ca	k1
15/10/2019	140.00	18.00	0.129	0.001
22/10/2019	71.00	13.00	0.183	0.001
06/11/2019	126.00	46.00	0.365	0.001
27/12/2019	71.00	15.00	0.211	0.001
08/01/2020	64.00	36.00	0.563	0.000
19/02/2020	24.00	11.00	0.458	0.001
			PROMEDIO	0.001

- Determinación del coeficiente de degradación del aserrín y las lombrices (k_2):

Para poder determinar el aporte del aserrín y las lombrices al coeficiente de degradación, se efectuó la diferencia de los coeficientes anteriormente hallados:

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 58

Determinación del coeficiente de degradación del aserrín y las lombrices (k2)

FECHA	SST - mg/L - E.F.				
	Afluente	Efluente	k	k1	k2
15/10/2019	140.00	18.00	2.051	0.001	2.050
22/10/2019	71.00	13.00	0.212	0.001	0.211
06/11/2019	126.00	46.00	0.044	0.001	0.043
27/12/2019	71.00	15.00	0.021	0.001	0.020
08/01/2020	64.00	36.00	0.007	0.000	0.006
19/02/2020	24.00	11.00	0.006	0.001	0.006
				PROMEDIO	0.389

A.2. SST - Lumbricus Terrestris

- Determinación del coeficiente de degradación del medio filtrante (k):

Podemos determinar un valor aproximado del coeficiente de degradación del medio filtrante haciendo uso de la expresión indicada en (METCALF, 1995). Para ello despejamos (k) de la siguiente relación:

$$k = -\frac{\ln\left(\frac{C_e}{C_a}\right)}{t} \qquad \text{.....(11)}$$

Donde:

- C_a[mg/L]: Concentración de la materia orgánica en el afluente.
- C_e[mg/L]: Concentración de la materia orgánica en el efluente.
- k: Coeficiente de degradación.
- t[días]: tiempo.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 59

Determinación del coeficiente de degradación del medio filtrante (k)- SST - LT

FECHA	N° de día	SST - mg/L - L.T.			
		Afluente	Efluente	Ce/Ca	k
15/10/2019	**1**	140.00	22.00	0.157	1.851
22/10/2019	**8**	71.00	19.00	0.268	0.165
06/11/2019	**23**	126.00	44.00	0.349	0.046
27/12/2019	**74**	71.00	20.00	0.282	0.017
08/01/2020	**86**	64.00	26.00	0.406	0.010
19/02/2020	**128**	24.00	9.00	0.375	0.008
				PROMEDIO	0.349

- Determinación del coeficiente de degradación de los sustratos (k_1):

Para poder determinar el aporte de los sustratos al coeficiente de degradación, se aplicó la fórmula citada en (Ramalho, 1993) y (METCALF, 1995):

$$k_1 = -\frac{\ln\left(\frac{C_e}{C_a}\right)}{D} \times L^n \qquad \text{.....(12)}$$

Donde:

- Ca[mg/L]: Concentración de la materia orgánica en el afluente.
- Ce[mg/L]: Concentración de la materia orgánica en el efluente.
- D[m]: Profundidad, 0.57.
- L[m3/(s)(m2)]: Carga hidráulico, 1.608 x 10-7.
- k: Constante de velocidad del sustrato.
- n: Constante, 0.50.

Haciendo uso de los datos de muestreo y los de diseño, determinamos el aporte de los sustratos a partir de la ecuación (12):

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 60

Determinación del coeficiente de degradación del sustrato (k1) - SST - LT

FECHA	SST - mg/L - L.T.			
	Afluente	Efluente	Ce/Ca	k1
15/10/2019	140.00	22.00	0.157	0.001
22/10/2019	71.00	19.00	0.268	0.001
06/11/2019	126.00	44.00	0.349	0.001
27/12/2019	71.00	20.00	0.282	0.001
08/01/2020	64.00	26.00	0.406	0.001
19/02/2020	24.00	9.00	0.375	0.001
			PROMEDIO	0.001

- Determinación del coeficiente de degradación del aserrín y las lombrices (k_2):

Para poder determinar el aporte del aserrín y las lombrices al coeficiente de degradación, se efectuó la diferencia de los coeficientes anteriormente hallados:

Tabla 61

Determinación del coeficiente de degradación del aserrín y las lombrices (k2)-SST-LT

FECHA	SST - mg/L - L.T.				
	Afluente	Efluente	k	k1	k2
15/10/2019	140.00	18.00	1.851	0.001	1.849
22/10/2019	71.00	13.00	0.165	0.001	0.164
06/11/2019	126.00	46.00	0.046	0.001	0.045
27/12/2019	71.00	15.00	0.017	0.001	0.016
08/01/2020	64.00	36.00	0.010	0.001	0.010
19/02/2020	24.00	11.00	0.008	0.001	0.007
				PROMEDIO	0.349

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

B. COEFICIENTES DE DEGRADACIÓN - SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES

B.1. SSV - Eisenia Foetida

- Determinación del coeficiente de degradación del medio filtrante (k):

Podemos determinar un valor aproximado del coeficiente de degradación del medio filtrante haciendo uso de la expresión indicada en (METCALF, 1995). Para ello despejamos (k) de la siguiente relación:

$$k = -\frac{\ln\left(\frac{C_e}{C_a}\right)}{t} \qquad \text{.....(13)}$$

Donde:

- C_a[mg/L]: Concentración de la materia orgánica en el afluente.
- C_e[mg/L]: Concentración de la materia orgánica en el efluente.
- k: Coeficiente de degradación.
- t[días]: tiempo.

FECHA	N° de día	SSV - mg/L - E.F.			
		Afluente	Efluente	Ce/Ca	k
15/10/2019	**1**	80.00	12.00	0.150	1.897
22/10/2019	**8**	36.00	11.00	0.306	0.148
06/11/2019	**23**	121.00	31.00	0.256	0.059
27/12/2019	**74**	41.00	14.00	0.341	0.015
08/01/2020	**86**	37.00	17.00	0.459	0.009
19/02/2020	**128**	19.00	8.00	0.421	0.007
				PROMEDIO	0.356

- Determinación del coeficiente de degradación de los sustratos (k_1):

Para poder determinar el aporte de los sustratos al coeficiente de degradación, se aplicó la fórmula citada en (Ramalho, 1993) y (METCALF, 1995):

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

$$k_1 = -\frac{\ln\left(\frac{C_e}{C_a}\right)}{D} \times L^n \qquad \text{.....(14)}$$

Donde:

- C_a[mg/L]: Concentración de la materia orgánica en el afluente.
- C_e[mg/L]: Concentración de la materia orgánica en el efluente.
- D[m]: Profundidad, 0.57.
- L[m3/(s)(m2)]: Carga hidráulico, 1.608 x 10-7.
- k: Constante de velocidad del sustrato.
- n: Constante, 0.50.

Haciendo uso de los datos de muestreo y los de diseño, determinamos el aporte de los sustratos a partir de la ecuación (14):

Tabla 62

Determinación del coeficiente de degradación del sustrato (k1) - SSV - EF

FECHA	SSV - mg/L - E.F.			
	Afluente	Efluente	Ce/Ca	k1
15/10/2019	80.00	12.00	0.150	0.001
22/10/2019	36.00	11.00	0.306	0.001
06/11/2019	121.00	31.00	0.256	0.001
27/12/2019	41.00	14.00	0.341	0.001
08/01/2020	37.00	17.00	0.459	0.001
19/02/2020	19.00	8.00	0.421	0.001
			PROMEDIO	0.001

- Determinación del coeficiente de degradación del aserrín y las lombrices (k_2):

Para poder determinar el aporte del aserrín y las lombrices al coeficiente de degradación, se efectuó la diferencia de los coeficientes anteriormente hallados:

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 63

Determinación del coeficiente de degradación del aserrín y las lombrices (k2)-SSV-EF

FECHA	SSV - mg/L - E.F.				
	Afluente	Efluente	k	k1	k2
15/10/2019	140.00	18.00	1.897	0.001	1.896
22/10/2019	71.00	13.00	0.148	0.001	0.147
06/11/2019	126.00	46.00	0.059	0.001	0.058
27/12/2019	71.00	15.00	0.015	0.001	0.014
08/01/2020	64.00	36.00	0.009	0.001	0.008
19/02/2020	24.00	11.00	0.007	0.001	0.006
				PROMEDIO	0.355

B.2. SSV - Lumbricus Terrestris

- Determinación del coeficiente de degradación del medio filtrante (k):

Podemos determinar un valor aproximado del coeficiente de degradación del medio filtrante haciendo uso de la expresión indicada en (METCALF, 1995). Para ello despejamos (k) de la siguiente relación:

$$k = -\frac{\ln\left(\frac{C_e}{C_a}\right)}{t} \qquad \text{.....(15)}$$

Donde:

- C_a[mg/L]: Concentración de la materia orgánica en el afluente.
- C_e[mg/L]: Concentración de la materia orgánica en el efluente.
- k: Coeficiente de degradación.
- t[días]: tiempo.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 64

Determinación del coeficiente de degradación del medio filtrante (k)- SSV -LT

FECHA	N° de día	SSV - mg/L - L.T.			
		Afluente	Efluente	Ce/Ca	k
15/10/2019	**1**	80.00	12.00	0.150	1.897
22/10/2019	**8**	36.00	8.00	0.222	0.188
06/11/2019	**23**	121.00	11.00	0.091	0.104
27/12/2019	**74**	41.00	17.00	0.415	0.012
08/01/2020	**86**	37.00	17.00	0.459	0.009
19/02/2020	**128**	19.00	6.00	0.316	0.009
				PROMEDIO	0.370

- Determinación del coeficiente de degradación de los sustratos (k_1):

Para poder determinar el aporte de los sustratos al coeficiente de degradación, se aplicó la fórmula citada en (Ramalho, 1993) y (METCALF, 1995):

$$k_1 = -\frac{\ln\left(\frac{C_e}{C_a}\right)}{D} \times L^n \qquad \text{.....(16)}$$

Donde:

- C_a[mg/L]: Concentración de la materia orgánica en el afluente.
- C_e[mg/L]: Concentración de la materia orgánica en el efluente.
- D[m]: Profundidad, 0.57.
- L[m3/(s)(m2)]: Carga hidráulico, 1.608 x 10-7.
- k: Constante de velocidad del sustrato.
- n: Constante, 0.50.

Haciendo uso de los datos de muestreo y los de diseño, determinamos el aporte de los sustratos a partir de la ecuación (16):

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 65

Determinación del coeficiente de degradación del sustrato (k1) - SSV - LT

FECHA	SSV - mg/L - L.T.			
	Afluente	Efluente	Ce/Ca	k1
15/10/2019	80.00	12.00	0.150	0.001
22/10/2019	36.00	8.00	0.222	0.001
06/11/2019	121.00	11.00	0.091	0.002
27/12/2019	41.00	17.00	0.415	0.001
08/01/2020	37.00	17.00	0.459	0.001
19/02/2020	19.00	6.00	0.316	0.001
			PROMEDIO	0.001

- Determinación del coeficiente de degradación del aserrín y las lombrices (k_2):

Para poder determinar el aporte del aserrín y las lombrices al coeficiente de degradación, se efectuó la diferencia de los coeficientes anteriormente hallados:

Tabla 66

Determinación del coeficiente de degradación del aserrín y las lombrices (k2)-SSV-LT

FECHA	SSV - mg/L - L.T.				
	Afluente	Efluente	k	k1	k2
15/10/2019	140.00	18.00	1.897	0.001	1.896
22/10/2019	71.00	13.00	0.188	0.001	0.187
06/11/2019	126.00	46.00	0.104	0.002	0.103
27/12/2019	71.00	15.00	0.012	0.001	0.011
08/01/2020	64.00	36.00	0.009	0.001	0.008
19/02/2020	24.00	11.00	0.009	0.001	0.008
				PROMEDIO	0.369

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

3.12.6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

A. CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

A.1. SST - Eisenia Foetida

Los Sólidos Suspendidos Totales se analizaron en diferentes periodos, a continuación, se muestran los resultados:

Tabla 67

Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Totales - E.F.

FECHA	SST - mg/L - E.F.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	140.00	18.00	87.14
22/10/2019	71.00	13.00	81.69
06/11/2019	126.00	46.00	63.49
27/12/2019	71.00	15.00	78.87
08/01/2020	64.00	36.00	43.75
19/02/2020	24.00	11.00	54.17
		Promedio	68.19

- 1er Paso: Identificación de las hipótesis

H_{e1} = El lombrifiltro con la Eisenia Foetida es eficiente en un 93 % en la remoción de Sólidos Suspendidos Totales a escala piloto, en Tuyu Ruri – Marcara.

$H_{e1} = \mu_1 = 93\ \% = 0.93$

H_{o1} = El lombrifiltro con la Eisenia Foetida no es eficiente en un 93 % en la remoción de Sólidos Suspendidos Totales a escala piloto, en Tuyu Ruri – Marcara.

$H_{o1} = \mu_0 \neq 93\ \% \neq 0.93$

- 2do Paso: Ordenar los datos para el proceso de análisis

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Número de datos (n)	6
μ_1	93 %
Nivel de eficiencia α	5 %
Media	68.19

- 3er Paso: Cálculo de Desviación de la muestra

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}} = 0.17$$

- 4to Paso: Calculo Desviación Poblacional (t-student)

$$\tau = \frac{\bar{x} - \mu_1}{\frac{S}{\sqrt{n}}} = -3.54$$

- 5to Paso: Encontrar el valor critico de aceptación en la tabla distribución de t-student; según y gl (para dos colas). Luego ubicarlo en el diagrama de distribución normal, α = 5 % = 0.05 y gl = n – 1 = 5.

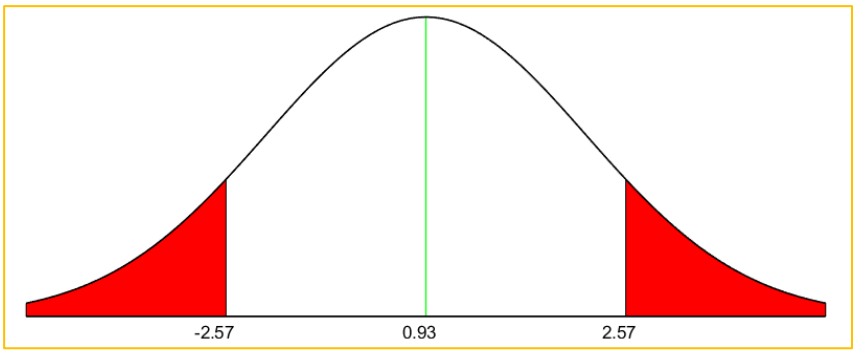


Figura 73 Diagrama de distribución normal con los valores críticos de aceptación de He1 en el caso de la remoción de Sólidos Suspendidos Totales con la Eisenia Foetida

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- 6to Paso: Ubicar el valor de t-student en el diagrama de distribución normal donde se ubica la región de aceptación y rechazo de hipótesis. Analizar el resultado.

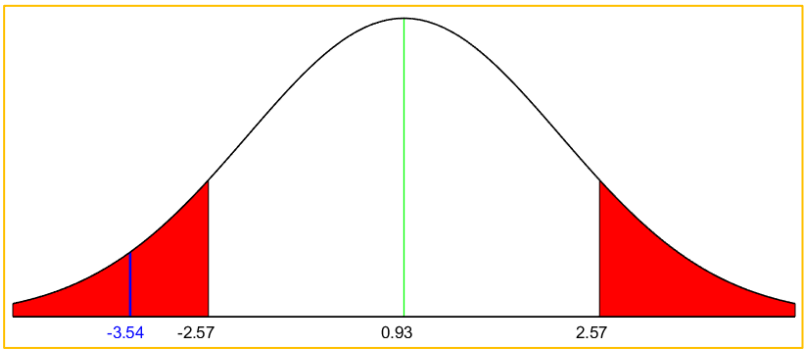


Figura 74 Ubicación de t-student en el diagrama de distribución normal para la determinar la aceptación de He1 en el caso de la remoción de Sólidos Suspendidos Totales con la Eisenia Foetida

Donde:

Área de aceptación de hipótesis

Área de rechazo de hipótesis

En la **Figura 74** se observa que el valor t-student se ubica en el área de rechazo de la hipótesis, por lo tanto la H_{01} es aceptado $H_{01} = \mu_0 \neq 93\ \% \neq 0.93$.

A.2. SST - Lumbricus Terrestris

Tabla 68

Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Totales - L.T.

FECHA	SST - mg/L - L.T.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	140.00	22.00	84.29
22/10/2019	71.00	19.00	73.24
06/11/2019	126.00	44.00	65.08
27/12/2019	71.00	20.00	71.83
08/01/2020	64.00	26.00	59.38
19/02/2020	24.00	9.00	62.50
		Promedio	69.39

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- 1er Paso: Identificación de las hipótesis

H_{e1} = El lombrifiltro con la Lumbricus Terrestris es eficiente en un 93 % en la remoción de Sólidos Suspendidos Totales a escala piloto, en Tuyu Ruri – Marcara.

$H_{e1} = \mu_1 = 93\ \% = 0.93$

H_{o1} = El lombrifiltro con la Lumbricus Terrestris no es eficiente en un 93 % en la remoción de Sólidos Suspendidos Totales a escala piloto, en Tuyu Ruri – Marcara.

$H_{o1} = \mu_0 \neq 93\ \% \neq 0.93$

- 2do Paso: Ordenar los datos para el proceso de análisis

Número de datos (n)	6
μ_1	93 %
Nivel de eficiencia α	5 %
Media	69.39

- 3er Paso: Cálculo de Desviación de la muestra

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}} = 0.09$$

- 4to Paso: Calculo Desviación Poblacional (t-student)

$$\tau = \frac{\bar{x} - \mu_1}{\frac{S}{\sqrt{n}}} = -6.40$$

- 5to Paso: Encontrar el valor critico de aceptación en la tabla distribución de t-student; según y gl (para dos colas). Luego ubicarlo en el diagrama de distribución normal, α = 5 % = 0.05 y gl = n – 1 = 5.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

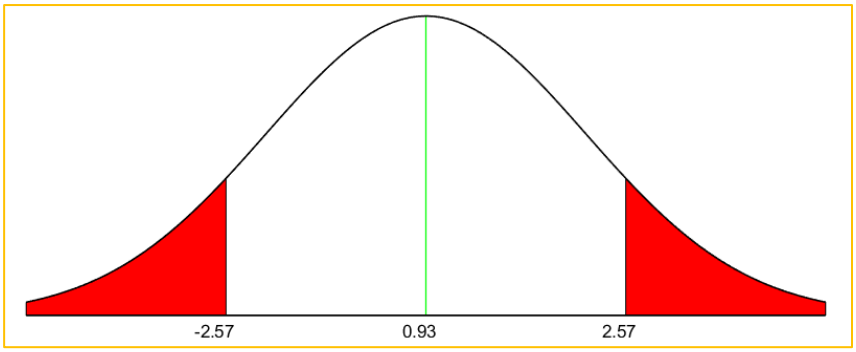


Figura 75 Diagrama de distribución normal con los valores críticos de aceptación de He1 en el caso de la remoción de Sólidos Suspendidos Totales con la Lumbricus Terrestris

- 6to Paso: Ubicar el valor de t-student en el diagrama de distribución normal donde se ubica la región de aceptación y rechazo de hipótesis. Analizar el resultado.

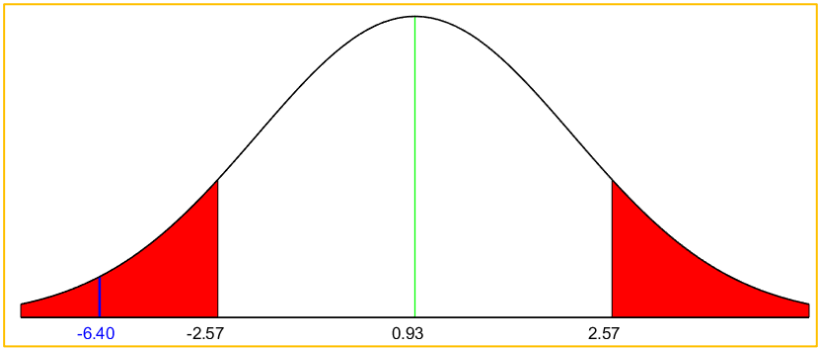


Figura 76 Ubicación de t-student en el diagrama de distribución normal para la determinar la aceptación de He1 en el caso de la remoción de Sólidos Suspendidos Totales con la Lumbricus Terrestris

Donde:

Área de aceptación de hipótesis

Área de rechazo de hipótesis

En la **Figura 76** se observa que el valor t-student se ubica en el área de rechazo de la hipótesis, por lo tanto la H_{01} es aceptado $H_{01} = \mu_0 \neq 93\ \% \neq 0.93$.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

B. CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES

B.1. SSV - Eisenia Foetida

Los Sólidos Suspendidos Volátiles se analizaron en diferentes periodos, a continuación, se muestran los resultados:

Tabla 69

Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - E.F.

FECHA	SSV - mg/L - E.F.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	80.00	12.00	85.00
22/10/2019	36.00	11.00	69.44
06/11/2019	121.00	31.00	74.38
27/12/2019	41.00	14.00	65.85
08/01/2020	37.00	17.00	54.05
19/02/2020	19.00	8.00	57.89
		Promedio	67.77

- 1er Paso: Identificación de las hipótesis

H_{e1} = El lombrifiltro con la Eisenia Foetida es eficiente en un 93 % en la remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles a escala piloto, en Tuyu Ruri – Marcara.

$H_{e1} = \mu_1 = 93\ \% = 0.93$

H_{o1} = El lombrifiltro con la Eisenia Foetida no es eficiente en un 93 % en la remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles a escala piloto, en Tuyu Ruri – Marcara.

$H_{01} = \mu_0 \neq 93\ \% \neq 0.93$

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- 2do Paso: Ordenar los datos para el proceso de análisis

Número de datos (n)	6
μ_1	93 %
Nivel de eficiencia α	5 %
Media	67.77

- 3er Paso: Cálculo de Desviación de la muestra

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}} = 0.11$$

- 4to Paso: Calculo Desviación Poblacional (t-student)

$$\tau = \frac{\bar{x} - \mu_1}{\frac{S}{\sqrt{n}}} = -5.49$$

- 5to Paso: Encontrar el valor critico de aceptación en la tabla distribución de t-student; según y gl (para dos colas). Luego ubicarlo en el diagrama de distribución normal, α = 5 % = 0.05 y gl = n – 1 = 5.

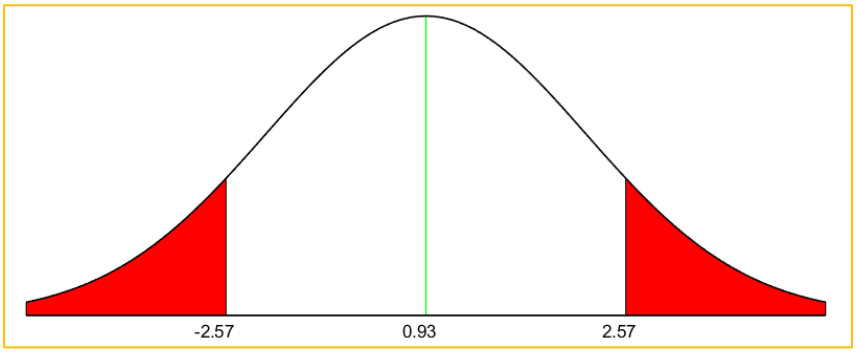


Figura 77 Diagrama de distribución normal con los valores críticos de aceptación de He1 en el caso de la remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles con la Eisenia Foetida

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- 6to Paso: Ubicar el valor de t-student en el diagrama de distribución normal donde se ubica la región de aceptación y rechazo de hipótesis. Analizar el resultado.

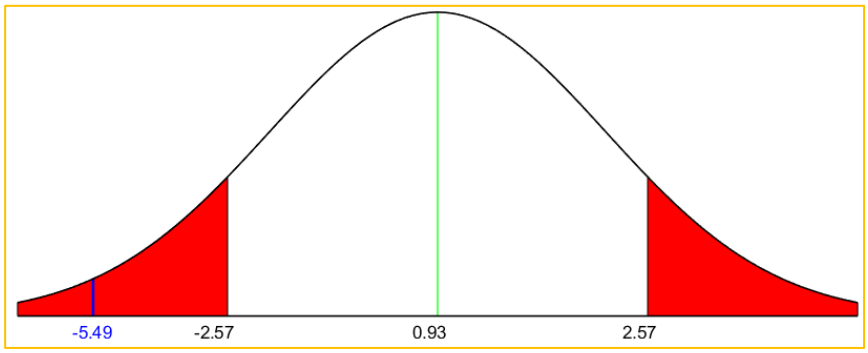


Figura 78 Ubicación de t-student en el diagrama de distribución normal para la determinar la aceptación de He1 en el caso de la remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles con la Eisenia Foetida

Donde:

Área de aceptación de hipótesis

Área de rechazo de hipótesis

En la **Figura 78** se observa que el valor t-student se ubica en el área de rechazo de la hipótesis, por lo tanto la H_{01} es aceptado $H_{01} = \mu_0 \neq 93\ \% \neq 0.93$.

B.2. SSV - Lumbricus Terrestris

Los Sólidos Suspendidos Volátiles se analizaron en diferentes periodos, a continuación, se muestran los resultados:

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Tabla 70

Resultados de concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles - L.T.

FECHA	SSV - mg/L - L.T.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	80.00	12.00	85.00
22/10/2019	36.00	8.00	77.78
06/11/2019	121.00	11.00	90.91
27/12/2019	41.00	17.00	58.54
08/01/2020	37.00	17.00	54.05
19/02/2020	19.00	6.00	68.42
		Promedio	72.45

- 1er Paso: Identificación de las hipótesis

H_{e1} = El lombrifiltro con la Lumbricus Terrestris es eficiente en un 93 % en la remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles a escala piloto, en Tuyu Ruri – Marcara.

$H_{e1} = \mu_1 = 93\ \% = 0.93$

H_{o1} = El lombrifiltro con la Lumbricus Terrestris no es eficiente en un 93 % en la remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles a escala piloto, en Tuyu Ruri – Marcara.

$H_{01} = \mu_0 \neq 93\ \% \neq 0.93$

- 2do Paso: Ordenar los datos para el proceso de análisis

Número de datos (n)	6
μ_1	93 %
Nivel de eficiencia α	5 %
Media	72.45

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- 3er Paso: Cálculo de Desviación de la muestra

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}} = 0.15$$

- 4to Paso: Calculo Desviación Poblacional (t-student)

$$\tau = \frac{\bar{x} - \mu_1}{\frac{S}{\sqrt{n}}} = -3.43$$

- 5to Paso: Encontrar el valor critico de aceptación en la tabla distribución de t-student; según y gl (para dos colas). Luego ubicarlo en el diagrama de distribución normal, α = 5 % = 0.05 y gl = n – 1 = 5.

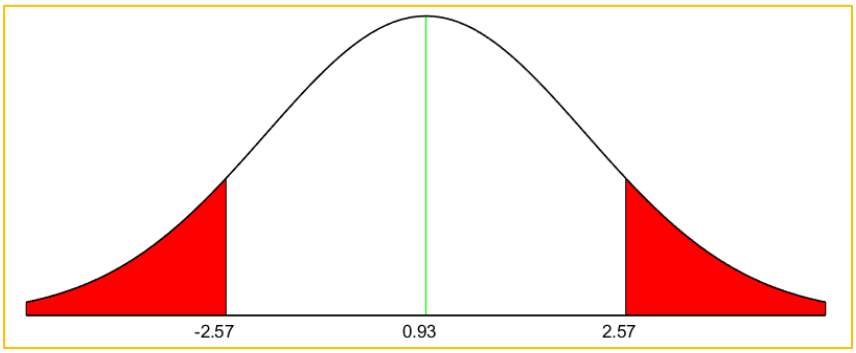


Figura 79 Diagrama de distribución normal con los valores críticos de aceptación de He1 en el caso de la remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles con la Lumbricus Terrestris

- 6to Paso: Ubicar el valor de t-student en el diagrama de distribución normal donde se ubica la región de aceptación y rechazo de hipótesis. Analizar el resultado.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

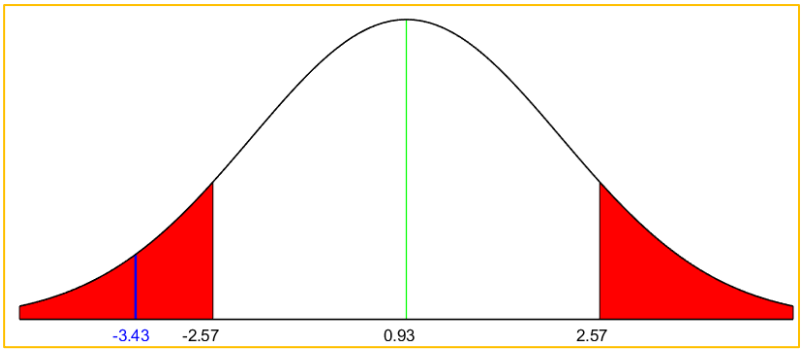


Figura 80 Ubicación de t-student en el diagrama de distribución normal para la determinar la aceptación de He1 en el caso de la remoción de Sólidos Suspendidos Volátiles con la Lumbricus Terrestris

Donde:

Área de aceptación de hipótesis

Área de rechazo de hipótesis

En la **Figura 80** se observa que el valor t-student se ubica en el área de rechazo de la hipótesis, por lo tanto la H_{01} es aceptado $H_{01} = \mu_0 \neq 93\ \% \neq 0.93$.

C. CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES FECALES

C.1. CF - Eisenia Foetida

Tabla 71

Coliformes Fecales - E.F.

FECHA	CF - NMP/100ml - E.F.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
22/10/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
06/11/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
20/11/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
04/12/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
08/01/2020	1.10E+07	1.10E+07	0
		Promedio	0

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

C.2. CF - Lumbricus Terrestris

Tabla 72

Lumbricus Terrestris - L.T.

FECHA	CF - NMP/100ml - L.T.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
22/10/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
06/11/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
20/11/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
04/12/2019	1.10E+07	1.10E+07	0
08/01/2020	1.10E+07	1.10E+07	0
		Promedio	0

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. ETAPA DE ADAPTACIÓN

Durante la etapa de adaptación, se registraron los parámetros tomados en campo para un adecuado acondicionamiento de la Lumbricus Terrestris y la Eisenia Foetida, para los cual se monitoreo el caudal, la temperatura, el pH y la humedad relativa.

Por un lado, se observó que el caudal de los efluentes para ambos medios filtrantes mostró una cierta disminución respecto a los del afluente, que según (Rafael, Peña, & Infante, 2012) puede deberse a distintos factores como la retención en el lombrifiltro y la evaporación. Respecto a la temperatura, (Fuentes, 2010) menciona que la temperatura óptima para la existencia de las lombrices dentro del medio filtrante debe oscilar entre 15 °C y 24 °C para las lombrices Eisenia Foetida; en nuestro caso, los resultados del monitoreo del efluente de dicho parámetro mostraron valores dentro del rango anteriormente mencionado, ya que oscilan entre 18.22 °C a 19.86 °C para la Lumbricus Terrestris y entre 18.52 °C a 20.10 °C para la Eisenia Foetida. Asimismo, se monitoreo el pH del efluente de los medios filtrantes registrándose valores de entre 6.87 y 7.08 para la Eisenia Foetida, y entre los valores de 6.81 a 7 para la Lumbricus Terrestris, hallándose dentro del rango óptimo de 6 a 8 señalado por (Hernandez, 2015), lo cual indica que existe un hábitat favorable para el desarrollo de ambas especies de lombrices. Por último, se evaluó la humedad relativa presente en el sustrato de los medios filtrantes, para ello se empleó el método del puño, donde como resultado de obtuvo una humedad de entre 70 % a 75 % para la Eisenia Foetida y de entre 68 % a 72 % para la Lumbricus Terrestris; hallándose dentro del intervalo favorable (70 % - 80 %) indicado por (Hernandez, 2015).

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

4.2. ETAPA DE TRATAMIENTO

Dentro de los medios filtrantes se desarrollan procesos biológicos mediante los microorganismos presentes en el sustrato y por ambas especies de lombrices removiendo la materia orgánica. A ello, cabe añadir que para determinar el porcentaje de remoción de los contaminantes se midieron los siguientes parámetros de control:

- Según Vizcaino & Fuentes (2016), menciona que su TRH para un caudal de 0.020 L/min utilizando la especie *Eisenia Foetida* es de 24 Horas, asimismo (Arango, 2003) menciona que el tiempo de retención debe ser no mayor a 6 horas para evitar estanqueidad. Para nuestro caso el lombrifiltro con Eisenia Foetida, tuvo un TRH de 11.50 min, mientras que para el lombrifiltro con *Lumbricus Terrestris* el TRH fue de 10.17 min. De esta manera se observa la diferencia entre el tiempo de retención hidráulico señalado por los autores de los antecedentes respecto al tiempo de retención hidráulico registrado en nuestros lombrifiltros.

- Las temperaturas del efluente se siguieron midiendo durante la etapa de tratamiento. Con lo que respecta al lombrifiltro con Eisenia Foetida, tenemos un valor máximo de 30.07 °C y mínima de 19.30 °C, con un valor promedio de 21.66 °C. En cuanto a la Lumbricus Terrestris, la temperatura máxima fue de 30.07 °C y la mínima fue de 19.40 °C, con una temperatura promedio igual a 21.28 °C. Los valores anteriormente señalados se encuentran dentro de los valores favorables, garantizando la existencia de una buena actividad biológica dentro de los medios filtrantes. Cabe añadir que la temperatura del agua residual depende del clima de la zona geográfica y de la estación del año (Fuentes, 2010)

- Por lo que se refiere al pH, (Montoya, Pablo, Juan, & Correa, 2010) señala que el valor adecuado del pH para la existencia de la mayoría de vida biológica varía entre 6.5 y 8.5. Además, para descargas de efluentes de tratamiento secundario se estipula un pH de 6 a 9. Los resultados del monitoreo del pH muestran

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

valores que oscilan entre 6.76 y 7.10 para la Eisenia Foetida, mientras que para la Lumbricus Terrestris dichos valores oscilan entre 6.71 y 7; encontrándose dentro del rango e indicando un buen proceso de tratamiento biológico (Fuentes, 2010).

- La humedad relativa es uno de los parámetros importantes para la supervivencia de las lombrices, misma que se midió con la prueba del puño. La humedad relativa disponible determinada mediante esta prueba brindó un rango de humedad de entre 68 % a 75 % para la Eisenia Foetida, mientras que para la Lumbricus Terrestris dicho parámetro varió entre 67 % y 74 %. Cabe mencionar que estos valores se encuentran dentro del rango óptimo (70 % y 80 %) indicado por (Hernandez, 2015).

- Según Vizcaíno & Fuentes (2016), para su investigación del tratamiento de aguas residuales con la especie *Eisenia Foétida*, se obtuvo una remoción de turbiedad de un 81.3%; mientras que para nuestro caso se tuvo una remoción con la especia *Eisenia Foetida* de un 56.77%, y con la Especie *Lumbricus terrestres* de un 63.40%, sabemos que, si el afluente del agua residual presenta una alta turbiedad, indica que no se presenta una adecuada remoción de los sólidos suspendidos.

- En el caso de los coliformes fecales, los resultados del laboratorio muestran, en ambos medios filtrantes, que no se tuvo remoción alguna (0 %). Ello pudo haberse debido a distintos factores tales como la precipitación pluvial, además teniendo un TRH promedio de 11.50 min para la E.F. y 10.17 min para la L.T. se concluye que el TRH no es óptimo para el tratamiento de patógenos porque en los medios filtrantes no se tuvo una buena remoción de los C.F. Sin embargo, (Acuña & col., 2015) señala que es posible remover en un 94.14% los C.F. con la Eisenia Foetida, mientras que la remoción con la Lumbricus Terrestris puede llegar a un valor de 88.58%. para un TRH de 16 horas.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- El contenido promedio de SST que se obtuvo después del tratamiento (23.17 mg/L) fue menor al contenido promedio antes del tratamiento (82.66 mg/L) con respecto a la E.F.; de manera similar, en el caso de la L.T. lo obtenido después del tratamiento fue de 23.33 mg/L, siendo menor al contenido promedio antes del tratamiento con un valor de 82.66 mg/L. De lo anteriormente expuesto, se puede afirmar que se tiene un 68.19 % de remoción por parte de la E.F.; mientras que con la L.T. se obtuvo un 69.39 % de remoción. Por su parte, (Salazar, 2005) afirma que puede obtenerse un 94.14% de remoción de SST con ambas especies de lombrices. Además, (Sanchez, 2015) señala que es posible remover en un 50.85% los SST con la Eisenia Foetida, mientras que la remoción con la Lumbricus Terrestris puede llegar a un valor de 11.86% de igual manera (Hernandez, 2015) menciona que para su investigación se tuvo una remoción de un 93% para SST, utilizando la especie *Eisenia Foetida.*

- Con lo que respecta a los SSV, el lombrifiltro con E.F. redujo la concentración promedio de SSV de un 56.67 mg/L a un 15 mg/L, con un porcentaje promedio de remoción de 67.77 %. Así mismo, en el caso del lombrifiltro con la L.T. se vio una reducción de concentración promedio de 56.67 mg/L a un 11.83 mg/L, con un porcentaje de remoción promedio de 72.5 %. Por su parte, (Salazar, 2005) concluye que la remoción de SSV puede alcanzar un valor del 93%, de igual manera (Hernandez, 2015) menciona que para su investigación se tuvo una remoción de un 93% para SSV, utilizando la especie *Eisenia Foetida.*

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

V. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

5.1. CONCLUSIONES

- Luego de los resultados del análisis de los parámetros en estudio, se verificó una remoción en los parámetros de Sólidos Suspendidos Totales y Sólidos Suspendidos Volátiles. En ese sentido, con lo que respecta a los Sólidos Suspendidos Totales, se mostró una remoción del 68.19 % con el lombrifiltro con Eisenia Foetida; mientras que con el lombrifiltro con Lumbricus Terrestris alcanzó una remoción del 69.39 %. Luego, se pudo observar que en cuanto a los Sólidos Suspendidos Volátiles, el lombrifiltro con Eisenia Foetida tuvo una remoción del 67.77 % a comparación del lombrifiltro con Lumbricus Terrestris, cuya remoción alcanzó un 72.45 %. Cabe añadir que, en el caso de los Coliformes Fecales, no se observó remoción alguna

- Se realizó el muestreo para la caracterización de las aguas residuales domésticas de la localidad de Tuyururi, mismo que fue tomado en el buzón de captación, obteniéndose como resultado una concentración de 706 mg/L de SST, 319 mg/L de SSV y una cantidad de $11x10^6$ NMP/100ml de CF. Además, se obtuvo un pH de 6.50 y una temperatura de 21 °C.

- Se concretó la implementación de un sistema de lombrifiltro, empleando dos medios filtrantes con las especies lombrices Eisenia Foetida y Lumbricus Terrestris de forma independiente.

- Los parámetros físico-químicos y microbiológicos que trataron los lombrifiltros son la temperatura, pH, humedad, Turbiedad, SST, SSV y CF. En promedio, para el lombrifiltro con Eisenia Foetida, la temperatura presente en el afluente fue de 21.70 °C y en el efluente fue de 21.76 °C; se observó un pH de 6.62 a la entrada, mientras que un 6.92 a la salida; se recabó una humedad relativa de 72 %; se registró una remoción de concentración de SST igual a 68.19 %; de

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

manera similar, respecto a los SSV se observó una remoción de concentración del 69.39 %; en cuanto a los Coliformes Fecales, no se observó ninguna remoción. Así mismo, con lo que respecta a la Lumbricus Terrestris, la temperatura presente en el afluente fue de 21.70 °C y en el efluente fue de 21.37 °C; se observó un pH de 6.62 a la entrada, mientras que un 6.87 a la salida; se recabó una humedad relativa de 70 %; se registró una remoción de concentración de SST igual a 67.77 %; de manera similar, respecto a los SSV se observó una remoción de concentración del 72.45 %; en cuanto a los Coliformes Fecales, no se observó ninguna remoción. El TRH (teórico) es 47 min para ambos medios filtrantes; mientras que el TRH (real) para la Eisenia Foetida fue 20 min y para la Lumbricus Terrestris fue de 19.50 min.

- La eficiencia de remoción de contaminantes de las aguas residuales de la localidad de Tuyururi fue comparada entre ambas especies, teniendo una remoción de concentración de SST - SSV de 68.19 % y 69.39 % respectivamente, mientras que para el caso de los Coliformes Fecales fue del 0 % para la Eisenia Foetida. Así mismo, la remoción de concentración de SST - SSV fue de 67.77 % y 72.45 % respectivamente, mientras que para el caso de los Coliformes Fecales fue del 0 % para la Lumbricus Terrestris. En sentido, se pudo observar que el porcentaje de remoción de SST para la E.F. fue ligeramente superior respecto a la L.T.; sin embargo, en el caso de los SSV, el porcentaje de remoción registrada por la E.F. fue ligeramente inferior al de la L.T.; además, cabe añadir que respecto a los Coliformes Fecales, ninguna especie alcanzó un porcentaje de remoción.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

5.2. RECOMENDACIONES

- Es muy importante tener en consideración la temperatura del ambiente, debido a que esta afecta directamente la actividad biológica de las lombrices.

- Es recomendable efectuar lavados periódicos al lecho filtrante para evitar la colmatación de materia orgánica. Además, se sugiere una constante limpieza de las excretas de las lombrices para impedir el incremento de la turbiedad del agua.

- Mejorar el diseño de lombrifiltro a fin de mantener la temperatura óptima para las lombrices y de esta manera facilitar la eliminación de microorganismos patógenos.

- Se recomienda sustituir el sistema de distribución de caudal por un aspersor giratorio automático para favorecer la distribución homogénea del agua residual doméstica, evitando zonas muertas y permitiendo regular el control del caudal en diferentes niveles, facilitando encontrar el caudal óptimo para la operación.

- Para mejorar las remociones de los contaminantes se puede completar el lombrifiltro con un tratamiento terciario.

- Utilizar un caudal óptimo de operación que permita tener un TRH medio, de manera que el agua residual permanezca en contacto con las capas filtrantes en un tiempo moderado y así retener los contaminantes.

- Se recomienda, al realizar el muestreo, se tenga en cuenta la toma adecuada de las muestras, manteniendo un tiempo fijo en la toma de estas y preservarlas adecuadamente. Asimismo, se sugiere realizar varios muestreos para un mejor análisis de resultados.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

VI. BIBLIOGRAFÍA

A.V.F. (2013). *Ingeniería ambiental - Programa de descontaminación de aguas, biofiltro.*

Acuña, M., & col. (2015). *Eficiencia de la Lumbricus Terrestris y Eisenia Foetida en el tratamiento de las aguas residuales en la ciudad de Bagua.* Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental.

ANDINA. (2010). *El 70% de aguas residuales en Perú se vierte sin tratamiento, afirma viceministra.*

Application rates and filtering materials for biofilters in house sewage. (2013). Obtenido de http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84876825453&partnerID=40&md5=76097c241a28a12e44304a18ecebcb23.

Arango. (2003). *Evaluación ambiental del sistema Tohá en la remoción de salmonella en aguas servidas domésticas.* Universidad de Chile.

Avilés, E. (2011). *Determinación de la efectividad del proceso de lombricultura como tratamiento para la estabilización de lodos residuales de una planta de tratamiento de aguas.*

Biodiversidad de lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta: Crassiclitellata). (2014). Obtenido de https://doi.org/10.7550/rmb.33581

Cabrera, F. E. (2017). *ESTUDIO DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN EL AGUA DEL RIO TABACAY Y SU VINCULACIÓN CON LA COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO EN LA MICROCUENCA.* Cuenca Ecuador.

Centeno Torres, R. (2016). Aguas residuales: la contaminación cotidiana. *El peruano*.

Coila, K. (2013). *Lombrifiltro: diseño, implementacion y mantenimiento.*

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

CORONEL PAZMIÑO, N. P. (2015). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN A ESCALA DE UN BIOFILTRO TOHÁ EN LA ESPOCH PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS PROCEDENTES DE LA COMUNIDAD LANGOS LA NUBE".* Riobamba – Ecuador.

Coronel, N. P. (2015). *Diseño e Implementación a Escala de un Biofiltro Tohá en la Espoch para la Depuración de Aguas Residuales Domésticas procedentes de la Comunidad Langos La Nube.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Domestic Waste Water Treatment By Bio- Filtration: A Case StudY. Journal of Geography. (2015). Obtenido de https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001244

Domínguez, J., Aira, M., & Gómez, B. (2009). *El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes.*

Fuentes, J. (2010). *La crianza de la lombriz roja.*

GALLEGOS VALQUI, D. G. (2019). *EVALUACIÓN DEL LOMBRIFILTRO COMO TRATAMIENTO PRIMARIO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL PROYECTO MANCHAY VERDE".* Villa El Salvador.

Galvis, J., & Rivera, X. (2013). *Caracterización fisicoquímica y microbiológica de los lodos presentes en las plantas de tratamiento de aguas residuales industriales (PTARI) de la Empresa Jugos Hit de la Ciudad de Pereira.* Universidad Tecnológica de Pereira.

García, Z. (2012). *Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas.* Universidad Nacional de Ingeniería.

HERNANDEZ SAMPIERI, R. (s.f.). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.* 6ta EDICIÓN.

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Hernandez, Y. (2015). *Anteproyecto De Construcción Para Aplicación De Lombricultura Al Tratamiento De Planta Llau-Llao De Salmonera Invertec S.A. Universidad Austral De Chile.*

Jimenez, A. (2016). *Estudio de un sistema de un tratamiento de agua residuales proviniente de una fabrica de embutidos.*

Lacrampe, G. (1992). *Aguas Servidas.*

Londoño, L., & Marín, A. (2009). *Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica en humedales artificiales de flujo horizontal subsuperficial alimentados con agua residual sintética.* Universidad Tecnológica de Pereira.

López, H., & Jazmín, A. (2007). *Detección de microorganismos del tracto digestivo de la lombriz roja california por PCR.*

Manrique, E., & Piñeros, J. (2016). *Evaluación del sistema de depuración biológica a partir de lombrices de tierra (Eisenia Foetida) en aguas residuales procedentes de industrias lácteas a nivel laboratorio.*

Meoño, F. L. (2015). *LAS AGUAS RESIDUALES Y SUS CONSECUENCIAS.* Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL.

METCALF, E. (1995). *Ingeniería de Aguas residuales: Tratamiento, Vertido y Reutilización.*

Montes, M. S. (2017). *iagua*.

Montoya, J., Pablo, M., Juan, C., & Correa, R. (2010). *Evaluación de la remoción de contaminantes en aguas residuales en humedales artificiales utilizando la Guadua Angustifolia Kunth.* Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

Oliveira, R., Alves, A., Campos, S., Ferreira, M., & Soares Costa, M. (2013). *Application rates and filtering materials for biofilters in house sewage. Idesia*. Obtenido de

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84876825453&partnerID=40&md5=76097c241a28a12e44304a18ecebcb23

Parra, I., & Chiang, G. (2013). *Modelo integrado de un sistema de biodepuración en origen de aguas residuales domiciliarias Una propuesta para comunidades periurbanas del centro sur de Chile.* Gestión y Ambiente.

Pérez, M. (2016). *Eficiencia del tratamiento de aguas residuales domésticas medianteun biodigestor prefabricado en la subestación eléctrica Cotaruse Apurímac, Universidad Nacional Agraria La Molina.*

Performance and mechanisms of a microbial-earthworm ecofilter for removing organic matter and nitrogen from synthetic domestic wastewater. Journal of Hazardous Materials. (2011). Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.08.035

Quinchel, J. (2015). *Plan de Gestión de Manejo de Sistema Sanitario de Aguas.*

Quinchel, J. (2015). *Plan de Gestión de Manejo de Sistema Sanitario de Aguas.*

Rafael, A., Peña, O., & Infante, M. (2012). *Evaluación de la eficiencia de remoción de un humedal artificial en función de la granulometría de grava en el medio filtrante.* Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

Ramalho, R. (1993). *Tratamiento de aguas residuales.*

Romero, J. (2002). *Tratamiento de aguas residuales: Teoría y principios de diseño.*

Romero, R., & Jairo, A. (2000). *Tratamiento de aguas residuales (Teoría y principios de diseño).*

Saboya Rios, X. V. (2018). *Eficiencia del método de lombrifiltro en la remoción de los contaminantes de las aguas residuales domésticas en el Distrito de Chachapoyas-Amazonas.* Chachapoyas.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Salazar. (2005). *Sistema Tohá, una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas residuales en sectores rurales.*

Sanchez, J. E. (2015). *Eficiencia de Lumbricus Terrestris y Eisenia Foetida en el tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Bagua.* Amazonas.

Standard Methods for the Examination of Water. (1995). *American Public Health, Association, American Water Works y Association Water Environment*.

Sudipti, A., & col. (2013). *A low-cost and sustainable alternative for wastewater treatment .* Ecological Engineering.

Toasa, F. A. (2012). *Validación de los Métodos de ensayo para fenoles, tensoactivos, solidos suspendidos y total de solidos disueltos (TDS).* Universidad Central del Ecuador.

Zhao, Y., Yan, C., & Li, Y. (2012). *Effect of C/N ratios on the performance of earthworm ecofilter for treatment of synthetics domestic sewage. Environ Sci Pollut Res.*

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

ANEXOS

ANEXO A. REGISTRO FOTOGRÁFICO

ANEXO B. DATOS DEL AFORO DE CAUDAL

ANEXO C. DATOS DEL PH Y TEMPERATURA IN SITU

ANEXO D. RESULTADOS ESTADÍSTICOS

ANEXO E. RESULTADOS DEL LABORATORIO

ANEXO F. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL

ANEXO G. PLANOS DEL LOMBRIFILTRO

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

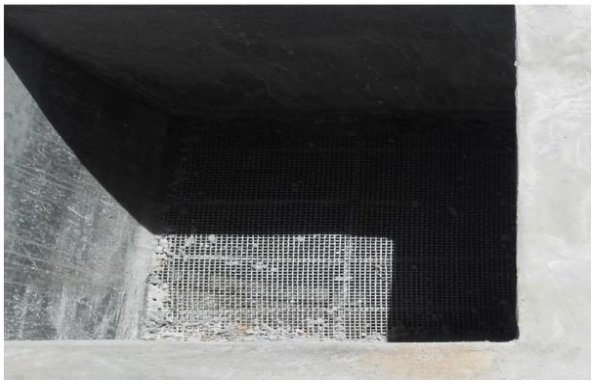
ANEXO A. REGISTRO FOTOGRÁFICO

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

I. CONSTRUCCIÓN DE LOS LOMBRIFILTROS

Fotografías: Construcción de la caja de repartición y de los medios filtrantes

Fotografías: Construcción de la caja de repartición y de los medios filtrantes



Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Fotografías: Puesta de las tuberías y techado de los medios filtrantes

II. PRE ADAPTACIÓN DE LAS LOMBRICES EISENIA FOETIDA Y LUMBRICUS TERRESTRIS

Fotografía: Pre adaptación de las lombrices en tinas con tierra y aserrín durante 15 días

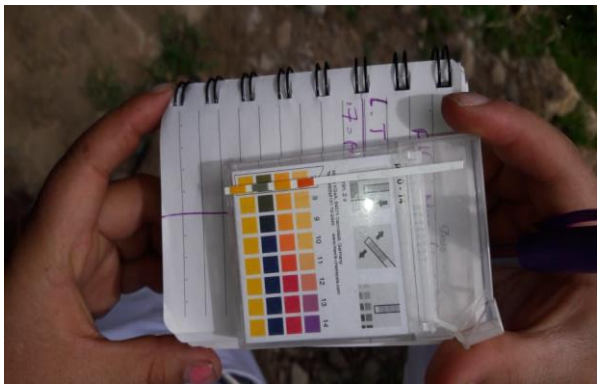
III. EVALUACIÓN DE LAS LOMBRICES EISENIA FOETIDA Y LUMBRICUS TERRESTRIS EN LA ETAPA DE TRATAMIENTO

Fotografías: Incremento de las lombrices y presencia de huevecillos

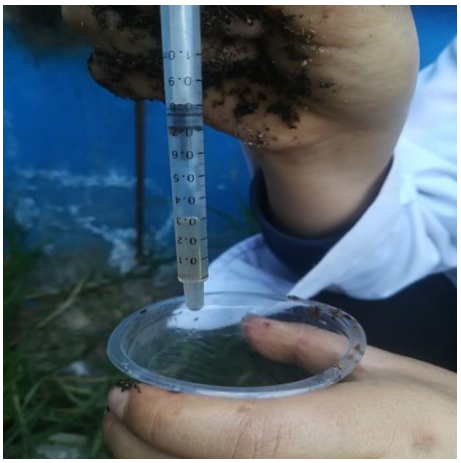
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

IV. MONITOREO DE PARÁMETROS FÍSICOS Y TOMA DE MUESTRAS DE LAS AGUAS RESIDUALES A ANALIZAR

Fotografías: Medición del pH, temperatura y de la turbiedad



Fotografías: Medición de la humedad relativa



Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Fotografías: Medición del tiempo de retención

Fotografías: Toma de muestra para análisis de laboratorio

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ANEXO B. DATOS DEL AFORO DE CAUDAL

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Caudales del medio filtrante con Eisenia Foetida ST1 -Adaptación

FECHA	HORA	AFLUENTE	EFLUENTE	PROMEDIO	
				AFLUENTE	EFLUENTE
01/10/2019	09:00	0.00368	0.00354	0.00378	0.00362
	10:00	0.00372	0.00349		
	11:00	0.00380	0.00371		
	12:00	0.00385	0.00362		
	13:00	0.00385	0.00374		
04/10/2019	09:00	0.00352	0.00348	0.00378	0.00357
	10:00	0.00373	0.00337		
	11:00	0.00387	0.00352		
	12:00	0.00389	0.00368		
	13:00	0.00391	0.00379		
07/10/2019	09:00	0.00387	0.00368	0.00385	0.00358
	10:00	0.00383	0.00361		
	11:00	0.00382	0.00355		
	12:00	0.00386	0.00348		
	13:00	0.00387	0.00358		
11/10/2019	09:00	0.00379	0.00361	0.00383	0.00367
	10:00	0.00380	0.00365		
	11:00	0.00384	0.00359		
	12:00	0.00386	0.00371		
	13:00	0.00386	0.00379		

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Caudales del medio filtrante con Lumbricus Terrestris ST2 - Adaptación

FECHA	HORA	AFLUENTE	EFLUENTE	PROMEDIO	
				AFLUENTE	EFLUENTE
01/10/2019	09:00	0.00368	0.00352	0.00378	0.00363
	10:00	0.00372	0.00357		
	11:00	0.00380	0.00367		
	12:00	0.00385	0.00369		
	13:00	0.00385	0.00372		
04/10/2019	09:00	0.00352	0.00334	0.00378	0.00354
	10:00	0.00373	0.00346		
	11:00	0.00387	0.00359		
	12:00	0.00389	0.00361		
	13:00	0.00391	0.00368		
07/10/2019	09:00	0.00387	0.00369	0.00385	0.00367
	10:00	0.00383	0.00365		
	11:00	0.00382	0.00377		
	12:00	0.00386	0.00359		
	13:00	0.00387	0.00367		
11/10/2019	09:01	0.00379	0.00367	0.00383	0.00371
	14:00	0.00380	0.00372		
	15:00	0.00384	0.00372		
	16:00	0.00386	0.00370		
	17:00	0.00386	0.00372		

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ANEXO C. DATOS DEL PH Y TEMPERATURA IN SITU

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Temperaturas del medio filtrante con Eisenia Foetida ST1-Adaptación

FECHA	HORA	AFLUENTE	EFLUENTE	PROMEDIO	
				AFLUENTE	EFLUENTE
01/10/2019	09:00	17.80	17.40	19.32000	18.76000
	10:00	18.60	17.90		
	11:00	19.40	18.80		
	12:00	20.00	19.50		
	13:00	20.80	20.20		
04/10/2019	09:00	19.50	19.20	20.56000	20.10000
	10:00	20.40	19.80		
	11:00	**20.60**	**20.30**		
	12:00	20.90	20.40		
	13:00	21.40	20.80		
07/10/2019	09:00	17.80	17.50	18.98000	18.52000
	10:00	18.50	17.80		
	11:00	**19.00**	**18.50**		
	12:00	19.50	19.20		
	13:00	20.10	19.60		
11/10/2019	09:00	19.20	18.70	20.34000	19.66000
	10:00	19.70	19.40		
	11:00	**20.50**	**19.80**		
	12:00	20.80	20.10		
	13:00	21.50	20.30		

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

Temperaturas del medio filtrante con Lumbricus Terrestris ST2-Adaptación

FECHA	HORA	AFLUENTE	EFLUENTE	PROMEDIO	
				AFLUENTE	EFLUENTE
17/01/1900	09:00	18.76	17.20	3.75200	18.52000
	10:00	0.00	17.80		
	11:00	0.00	18.60		
	12:00	0.00	19.30		
	13:00	0.00	19.70		
19/01/1900	09:00	20.10	19.30	4.02000	7.32000
	10:00	0.00	-0.80		
	11:00	0.00	19.50		
	12:00	0.00	-0.70		
	13:00	0.00	-0.70		
17/01/1900	09:00	18.52	17.30	3.70400	18.22000
	10:00	0.00	17.60		
	11:00	0.00	18.30		
	12:00	0.00	18.80		
	13:00	0.00	19.10		
18/01/1900	09:01	19.66	18.50	3.93200	19.86000
	14:00	0.00	19.10		
	15:00	0.00	20.40		
	16:00	0.00	20.50		
	17:00	0.00	20.80		

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

PH de la Eisenia Foetida ST1

FECHA	HORA	AFLUENTE	EFLUENTE	PROMEDIO	
				AFLUENTE	EFLUENTE
01/10/2019	09:00	6.56	6.82	6.64000	6.90000
	10:00	6.48	6.61		
	11:00	**6.54**	**6.84**		
	12:00	6.80	7.10		
	13:00	6.82	7.13		
04/10/2019	09:00	6.71	6.89	6.69400	6.87400
	10:00	6.56	6.83		
	11:00	6.85	7.00		
	12:00	**6.75**	**6.93**		
	13:00	6.60	6.72		
07/10/2019	09:00	6.83	6.95	6.87200	7.08200
	10:00	6.84	6.99		
	11:00	**6.88**	**7.20**		
	12:00	6.94	7.15		
	13:00	6.87	7.12		
11/10/2019	09:00	6.78	6.90	6.80800	7.00000
	10:00	6.95	7.10		
	11:00	**6.76**	**6.90**		
	12:00	6.80	7.00		
	13:00	6.75	7.10		

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

PH de la Lumbricus Terrestris ST2

FECHA	HORA	AFLUENTE	EFLUENTE	PROMEDIO	
				AFLUENTE	EFLUENTE
06/01/1900	09:00	6.90	6.67	1.38000	6.81000
	10:00	0.00	6.58		
	11:00	0.00	**6.71**		
	12:00	0.00	6.98		
	13:00	0.00	7.11		
06/01/1900	09:00	6.87	6.85	1.37480	6.83800
	10:00	0.00	6.81		
	11:00	0.00	6.95		
	12:00	0.00	**6.93**		
	13:00	0.00	6.65		
06/01/1900	09:00	7.08	6.94	1.41640	7.00200
	10:00	0.00	6.97		
	11:00	0.00	**7.00**		
	12:00	0.00	7.12		
	13:00	0.00	6.98		
06/01/1900	09:01	7.00	6.87	1.40000	6.92400
	14:00	0.00	7.00		
	15:00	0.00	**6.85**		
	16:00	0.00	6.95		
	17:00	0.00	6.95		

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ANEXO D. RESULTADOS ESTADÍSTICOS

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

- Caso: Eisenia Foetida
  - **Datos sin descarte:**

FECHA	SST - mg/L - E.F.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	140.00	18.00	87.14
22/10/2019	71.00	13.00	81.69
06/11/2019	126.00	46.00	63.49
20/11/2019	476.00	18.00	96.24
04/12/2019	226.00	68.00	69.91
27/12/2019	71.00	15.00	78.87
08/01/2020	64.00	36.00	43.75
19/02/2020	24.00	11.00	54.17

  - Prueba de normalidad:

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Afluente SST - E.F.	,277	8	,072	,778	8	,017
Efluente SST - E.F.	,316	8	,018	,823	8	,050

a. Corrección de significación de Lilliefors

  - Cálculo del coeficiente de correlación de Pearson:

Correlaciones

		Afluente SST - E.F.	Efluente SST - E.F.
Afluente SST - E.F.	Correlación de Pearson	1	,151
	Sig. (bilateral)		,721
	N	8	8
Efluente SST - E.F.	Correlación de Pearson	,151	1
	Sig. (bilateral)	,721	
	N	8	8

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- **Datos con descarte:**

FECHA	SST - mg/L - E.F.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	140.00	18.00	87.14
22/10/2019	71.00	13.00	81.69
06/11/2019	126.00	46.00	63.49
27/12/2019	71.00	15.00	78.87
08/01/2020	64.00	36.00	43.75
19/02/2020	24.00	11.00	54.17

- Prueba de normalidad:

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Afluente SST - E.F.	,274	6	,180	,917	6	,484
Efluente SST - E.F.	,307	6	,080	,829	6	,105

a. Corrección de significación de Lilliefors

- Cálculo del coeficiente de correlación de Pearson:

Correlaciones

		Afluente SST - E.F.	Efluente SST - E.F.
Afluente SST - E.F.	Correlación de Pearson	1	,448
	Sig. (bilateral)		,373
	N	6	6
Efluente SST - E.F.	Correlación de Pearson	,448	1
	Sig. (bilateral)	,373	
	N	6	6

➢ Caso: Lumbricus Terrestris

- **Datos sin descarte:**

FECHA	SST - mg/L - L.T.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	140.00	22.00	84.29
22/10/2019	71.00	19.00	73.24

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

06/11/2019	126.00	44.00	65.08
20/11/2019	476.00	23.00	
04/12/2019	226.00	58.00	
27/12/2019	71.00	20.00	71.83
08/01/2020	64.00	26.00	59.38
19/02/2020	24.00	9.00	62.50

- Prueba de normalidad:

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Afluente SST - L.T.	,277	8	,072	,778	8	,017
Efluente SST - L.T.	,291	8	,044	,866	8	,138

a. Corrección de significación de Lilliefors

- Cálculo del coeficiente de correlación de Pearson:

Correlaciones

		Afluente SST - L.T.	Efluente SST - L.T.
Afluente SST - L.T.	Correlación de Pearson	1	,265
	Sig. (bilateral)		,527
	N	8	8
Efluente SST - L.T.	Correlación de Pearson	,265	1
	Sig. (bilateral)	,527	
	N	8	8

- **Datos con descarte:**

FECHA	SST - mg/L - L.T.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	140.00	22.00	84.29
22/10/2019	71.00	19.00	73.24
06/11/2019	126.00	44.00	65.08
27/12/2019	71.00	20.00	71.83
08/01/2020	64.00	26.00	59.38
19/02/2020	24.00	9.00	62.50

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- Prueba de normalidad:

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Afluente SST - L.T.	,274	6	,180	,917	6	,484
Efluente SST - L.T.	,242	6	,200*	,905	6	,403

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

- Cálculo del coeficiente de correlación de Pearson:

Correlaciones

		Afluente SST - L.T.	Efluente SST - L.T.
Afluente SST - L.T.	Correlación de Pearson	1	,683
	Sig. (bilateral)		,135
	N	6	6
Efluente SST - L.T.	Correlación de Pearson	,683	1
	Sig. (bilateral)	,135	
	N	6	6

- **Prueba de normalidad – Remoción de SSV**
  - Caso: Eisenia Foetida
    - **Datos sin descarte:**

FECHA	SSV - mg/L - E.F.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	80.00	12.00	85.00
22/10/2019	36.00	11.00	69.44
06/11/2019	121.00	31.00	74.38
20/11/2019	224.00	14.00	
04/12/2019	82.00	34.00	
27/12/2019	41.00	14.00	65.85
08/01/2020	37.00	17.00	54.05
19/02/2020	19.00	8.00	57.89

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- Prueba de normalidad:

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Afluente SSV - E.F.	,238	8	,200*	,824	8	,052
Efluente SSV - E.F.	,276	8	,073	,819	8	,046

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

- Cálculo del coeficiente de correlación de Pearson:

Correlaciones

		Afluente SSV - E.F.	Efluente SSV - E.F.
Afluente SSV - E.F.	Correlación de Pearson	1	,246
	Sig. (bilateral)		,557
	N	8	8
Efluente SSV - E.F.	Correlación de Pearson	,246	1
	Sig. (bilateral)	,557	
	N	8	8

- **Datos con descarte:**

FECHA	SSV - mg/L - E.F.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	80.00	12.00	85.00
22/10/2019	36.00	11.00	69.44
06/11/2019	121.00	31.00	74.38
27/12/2019	41.00	14.00	65.85
08/01/2020	37.00	17.00	54.05
19/02/2020	19.00	8.00	57.89

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- Prueba de normalidad:

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Afluente SSV - E.F.	,318	6	,059	,857	6	,178
Efluente SSV - E.F.	,260	6	,200*	,831	6	,110

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

- Cálculo del coeficiente de correlación de Pearson:

Correlaciones

		Afluente SSV - E.F.	Efluente SSV - E.F.
Afluente SSV - E.F.	Correlación de Pearson	1	,832*
	Sig. (bilateral)		,040
	N	6	6
Efluente SSV - E.F.	Correlación de Pearson	,832*	1
	Sig. (bilateral)	,040	
	N	6	6

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

➢ Caso: Lumbricus Terrestris

- **Datos sin descarte:**

FECHA	SSV - mg/L - L.T.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	80.00	12.00	85.00
22/10/2019	36.00	8.00	77.78
06/11/2019	121.00	11.00	90.91
20/11/2019	224.00	30.00	
04/12/2019	82.00	26.00	
27/12/2019	41.00	17.00	58.54
08/01/2020	37.00	17.00	54.05
19/02/2020	19.00	6.00	68.42

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- Prueba de normalidad:

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Afluente SSV - L.T.	,238	8	,200*	,824	8	,052
Efluente SSV - L.T.	,197	8	,200*	,923	8	,457

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

- Cálculo del coeficiente de correlación de Pearson:

Correlaciones

		Afluente SSV - L.T.	Efluente SSV - L.T.
Afluente SSV - L.T.	Correlación de Pearson	1	,314
	Sig. (bilateral)		,448
	N	8	8
Efluente SSV - L.T.	Correlación de Pearson	,314	1
	Sig. (bilateral)	,448	
	N	8	8

- **Datos con descarte:**

FECHA	SSV - mg/L - L.T.		% de remoción
	Afluente	Efluente	
15/10/2019	80.00	12.00	85.00
22/10/2019	36.00	8.00	77.78
06/11/2019	121.00	11.00	90.91
27/12/2019	41.00	17.00	58.54
08/01/2020	37.00	17.00	54.05
19/02/2020	19.00	6.00	68.42

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

- Prueba de normalidad:

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov[a]			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Afluente SSV - L.T.	,318	6	,059	,857	6	,178
Efluente SSV - L.T.	,206	6	,200*	,913	6	,454

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

- Cálculo del coeficiente de correlación de Pearson:

Correlaciones

		Afluente SSV - L.T.	Efluente SSV - L.T.
Afluente SSV - L.T.	Correlación de Pearson	1	,676
	Sig. (bilateral)		,140
	N	6	6
Efluente SSV - L.T.	Correlación de Pearson	,676	1
	Sig. (bilateral)	,140	
	N	6	6

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ANEXO E. RESULTADOS DEL LABORATORIO

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

INFORME DE ENSAYO AG190456

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC190278
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 15/Octubre/2019
	Fecha de análisis	: 15 de Octubre al 22 de Octubre/2019
	Cotización Nº	: CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	E
					Fecha de muestreo [1]	15/10/2019
					Hora de muestreo [1]	11:40
					Código del Laboratorio	AG190532
CM	**INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS**					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000	
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	140	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	80	

[1] Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

RESULTADOS DE CAMPO PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	E
PH	Unid. PH	6
Temperatura	°C	30.7
Humedad	%	-

Huaraz, 22 de Octubre de 2019

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL FCAM UNASAM

MSc. Quím. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP Nº 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario Nº200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3502- 3501 - Cel. 944432754
E-mail: lablcam@hotmail.com

FI-001/Versión: 01/F.E: 22-03-10

Página 1 de 1

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO AG190457

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC190278
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 15/Octubre/2019
	Fecha de análisis	: 15 de Octubre al 22 de Octubre/2019
	Cotización Nº	: C0190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	ST1
					Fecha de muestreo [1]	15/10/2019
					Hora de muestreo [1]	11:41
					Código del Laboratorio	AG190533
CM	**INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS**					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000	
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	18	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	12	

[1] Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

RESULTADOS DE CAMPO PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	ST1
PH	Unid. PH	7
Temperatura	°C	30.7
Humedad	%	53

Huaraz, 22 de Octubre de 2019

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL FCAM UNASAM

MSc. Quím. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
ÍCAM - UNASAM
CQP Nº 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario Nº200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3601 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com

FI-001/Versión: 01/F.E: 22-03-10

Página 1 de 1

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO AG190458

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC190278
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 15/Octubre/2019
	Fecha de análisis	: 15 de Octubre al 22 de Octubre/2019
	Cotización Nº	: CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	ST2
					Fecha de muestreo [1]	15/10/2019
					Hora de muestreo [1]	11:42
					Código del Laboratorio	AG190534
CM	**INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS**					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000	
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	22	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	12	

[1] Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

RESULTADOS DE CAMPO: PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	ST2
PH	Unid. PH	7
Temperatura	°C	30.7
Humedad	%	54

Huaraz, 22 de Octubre de 2019

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL FCAM UNASAM

MSc. Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
COP Nº 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario Nº200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3902- 3501 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com

FI-001/Versión: 01/F.E: 22-03-10

Página 1 de 1

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

INFORME DE ENSAYO AG190477

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC190290
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 22/Octubre/2019
	Fecha de análisis	: 22 de Octubre al 29 de Octubre/2019
	Cotización Nº	: CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	E
					Fecha de muestreo [1]	22/10/2019
					Hora de muestreo [1]	11:25
					Código del Laboratorio	AG190559
CM	**INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS**					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000	
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	71	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	36	

[1] Datos proporcionados por el cliente
Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

RESULTADOS DE CAMPO PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	E
PH	Unid. PH	6.75
Temperatura	°C	20.6

Huaraz, 29 de Octubre de 2019

MSc. Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP Nº 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario Nº200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

INFORME DE ENSAYO AG190478

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC190290
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 22/Octubre/2019
	Fecha de análisis	: 22 de Octubre al 29 de Octubre/2019
	Cotización Nº	: CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	ST1
					Fecha de muestreo [1]	22/10/2019
					Hora de muestreo [1]	11:30
					Código del Laboratorio	AG190550
CM	**INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS**					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000	
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	13	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	11	

[1] Datos proporcionados por el cliente
Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

RESULTADOS DE CAMPO PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	ST1
PH	Unid. PH	6.75
Temperatura	°C	20.3

Huaraz, 29 de Octubre de 2019

MSc. Quim. Mario Leyva Colles
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP Nº 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario Nº200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com

FI-001/Versión: 01/F.E: 22-03-10

Página 1 de 1

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

INFORME DE ENSAYO AG190479

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC190290
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 22/Octubre/2019
	Fecha de análisis	: 22 de Octubre al 29 de Octubre/2019
	Cotización Nº	: CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	ST2
					Fecha de muestreo [1]	22/10/2019
					Hora de muestreo [1]	11:38
					Código del Laboratorio	AG190561
CM	**INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS**					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000	
FQ	**ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS**					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	19	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/l	APHA 2540 E	1	8	

[1] Datos proporcionados por el cliente
Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

RESULTADOS DE CAMPO PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	ST2
PH	Unid. PH	6.83
Temperatura	°C	19.5

Huaraz, 29 de Octubre de 2019

MSc. Quím. Mario Leyva Colles
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP Nº 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario Nº200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3601 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

INFORME DE ENSAYO AG190498

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC190307
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 06/Noviembre/2019
	Fecha de análisis	: 06 de Noviembre al 13 de Noviembre/2019
	Cotización N°	: CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	E
					Fecha de muestreo [1]	06/11/2019
					Hora de muestreo [1]	10:45
					Código del Laboratorio	AG190591
CM	**INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS**					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000	
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	126	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	121	

[1] Datos proporcionados por el cliente
Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

RESULTADOS DE CAMPO PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	E
PH	Unid. PH	6.54
Temperatura	°C	19
Humedad	%	-

Huaraz, 13 de Noviembre de 2019

MSc. Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

INFORME DE ENSAYO AG190499

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC190307
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 06/Noviembre/2019
	Fecha de análisis	: 06 de Noviembre al 13 de Noviembre/2019
	Cotización N°	: CC190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	ST1
					Fecha de muestreo [1]	06/11/2019
					Hora de muestreo [1]	10:50
					Código del Laboratorio	AG190692
CM	**INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS**					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA. 9221 C	2	11000000	
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA. 2540 D	1	46	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA. 2540 E	1	31	

[1] Datos proporcionados por el cliente
Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition 2017

RESULTADOS DE CAMPO PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	ST1
PH	Unid. PH	6.84
Temperatura	°C	19.9
Humedad	%	74

Huaraz, 13 de Noviembre de 2019

MSc. Quím. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras drimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario N°200-Huaraz- Anexh. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
E-mail: lcfcam@hotmail.com

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

INFORME DE ENSAYO AG190500

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC190307
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 06/Noviembre/2019
	Fecha de análisis	: 06 de Noviembre al 13 de Noviembre/2019
	Cotización N°	: CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	ST2'
					Fecha de muestreo [1]	06/11/2019
					Hora de muestreo [1]	10:52
					Código del Laboratorio	AG190583
CM	**INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS**					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000	
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	44	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	11	

[1] Datos proporcionados por el cliente
Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

RESULTADOS DE CAMPO PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	ST2
PH	Unid. PH	6.71
Temperatura	°C	19.4
Humedad	%	71

Huaraz, 13 de Noviembre de 2019

MSc. Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
E-mail: bioform@hotmail.com

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO AG190555

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC190326
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 20/Noviembre/2019
	Fecha de análisis	: 20 de Noviembre al 27 de Noviembre/2019
	Cotización Nº	: CC190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	E
					Fecha de muestreo [1]	20/11/2019
					Hora de muestreo [1]	12:10
					Código del Laboratorio	AG190648
CM	**INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS**					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000	
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	476	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	224	

[1] Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition 2017

RESULTADOS DE CAMPO PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	E
PH	Unid. PH	6.75
Temperatura	°C	-
Humedad	%	-

Huaraz, 27 de Noviembre de 2019

MSc. Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO AG190556

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC190326
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 20/Noviembre/2019
	Fecha de análisis	: 20 de Noviembre al 27 de Noviembre/2019
	Cotización Nº	: CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	ST1
					Fecha de muestreo *	20/11/2019
					Hora de muestreo *	12:12
					Código del Laboratorio	AG190549
CM	**INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS**					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000	
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	18	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	14	

* Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

RESULTADOS DE CAMPO PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	ST1
PH	Unid. PH	6.93
Temperatura	°C	20.5
Humedad	%	75

Huaraz, 27 de Noviembre de 2019

MSc. Quím. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP Nº 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario Nº200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
E-mail: laicam@hotmail.com

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO AG190557

CLIENTE
Razón Social : DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
Dirección : Urbanización Piedras Azules S/N
Atención : Deysi Roxana Villafranca Flores

MUESTRA
Producto declarado : Agua Residual
Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
Procedencia : Centro Experimental Tuyu Ruri
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190325

MUESTREO
Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
Referencia: : No indica

LABORATORIO
Fecha de recepción : 20/Noviembre/2019
Fecha de analisis : 20 de Noviembre al 27 de Noviembre/2019
Cotización N° : CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA
					Código del cliente: ST2
					Fecha de muestreo[1]: 20/11/2019
					Hora de muestreo[1]: 12:14
					Código del Laboratorio: AG190550
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS				
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000
FQ	ANALISIS FISICOQUIMICOS				
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	23
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	30

[1] Datos proporcionados por el cliente
Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

RESULTADOS DE CAMPO PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	ST2
PH	Unid. PH	6.89
Temperatura	°C	19.7
Humedad	%	74

Huaraz, 27 de Noviembre de 2019

MSc. Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3601 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com

FI-001/Versión: 01/F.E: 22-03-19

Página 1 de 1

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO AG190608

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC190347
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 04/Diciembre/2019
	Fecha de análisis	: 04 de Diciembre al 11 de Diciembre/2019
	Cotización Nº	: CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA
					Código del cliente: E
					Fecha de muestreo[1]: 04/12/2019
					Hora de muestreo[1]: 11:10
					Código del Laboratorio: AG190705
CM	**INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS**				
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**				
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	226
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	82

[1] Datos proporcionados por el cliente
Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

Huaraz, 11 de Diciembre de 2019

FCAM - UNASAM

MSc. Quím. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP Nº 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash, Telef. 043 640020 - Anexos: 3820- 3821 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com

FI-001/Versión: 01/F.E: 22-03-20

Página 1 de 1

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO AG190609

CLIENTE
Razón Social : DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
Dirección : Urbanización Piedras Azules S/N
Atención : Deysi Roxana Villafranca Flores

MUESTRA
Producto declarado : Agua Residual
Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
Procedencia : Centro Experimental Tuyu Ruri
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190347

MUESTREO
Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
Referencia: : No indica

LABORATORIO
Fecha de recepción : 04/Diciembre/2019
Fecha de análisis : 04 de Diciembre al 11 de Diciembre/2019
Cotización Nº : CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	ST1
					Fecha de muestreo [1]	04/12/2019
					Hora de muestreo [1]	11:13
					Código del Laboratorio	AG190706
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000	
FQ	ANALISIS FISICOQUIMICOS					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	68	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	34	

[1] Datos proporcionados por el cliente
Leyenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

Huaraz, 11 de Diciembre de 2019

FCAM UNASAM

MSc. Quím. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP Nº 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario Nº700-Huaraz-Ancash, Telef. 043 640026 - Anexos: 3602- 3001 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com

FI-001/Versión: 01/F.E: 22-03-10

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO AG190610

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC190347
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 04/Diciembre/2019
	Fecha de análisis	: 04 de Diciembre al 11 de Diciembre/2019
	Cotización N°	: CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	ST2
					Fecha de muestreo [1]	04/12/2019
					Hora de muestreo [1]	11:16
					Código del Laboratorio	AG190707
CM	**INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS**					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000	
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	58	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	26	

[1] Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

Huaraz, 11 de Diciembre de 2019

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL FCAM UNASAM

MSc. Quím. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash, Telef. 043-840070 - Anexo: 3602- 3501 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO AG190703

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC190379
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 27/Diciembre/2019
	Fecha de análisis	: 27 de Diciembre de 2019 al 06 de Enero/2020
	Cotización Nº	: CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	E
					Fecha de muestreo [1]	27/12/2019
					Hora de muestreo [1]	11:00
					Código del Laboratorio	AG190800
CM	**INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS**					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000	
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	71	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	41	

[1] Datos proporcionados por el cliente
Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

RESULTADOS DE CAMPO PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	E
PH	Unid. PH	6.82
Temperatura	°C	-
Humedad	%	-

Huaraz, 06 de Enero de 2020

FCAM UNASAM

MSc. Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
COP Nº 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 940020 - Anexos: 3020- 3021 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

INFORME DE ENSAYO AG190704

CLIENTE

Razón Social : DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
Dirección : Urbanización Piedras Azules S/N
Atención : Deysi Roxana Villafranca Flores

MUESTRA

Producto declarado : Agua Residual
Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
Procedencia : Centro Experimental Tuyu Ruri
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC190379

MUESTREO

Responsable : Muestra proporcionada por el cliente
Referencia: : No indica

LABORATORIO

Fecha de recepción : 27/Diciembre/2019
Fecha de análisis : 27 de Diciembre de 2019 al 06 de Enero/2020
Cotización N° : CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	ST1
					Fecha de muestreo [1]	27/12/2019
					Hora de muestreo [1]	11:05
					Código del Laboratorio	AG190801
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000	
FQ	ANALISIS FISICOQUIMICOS					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	15	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	14	

[1] Datos proporcionados por el cliente
Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

RESULTADOS DE CAMPO PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	ST1
PH	Unid. PH	7.1
Temperatura	°C	19.3
Humedad	%	72

Huaraz, 06 de Enero de 2020

MSc. Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
COP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash, Telef. 043 640030 - Anexos: 3604- 3001 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com

FI-001/Versión: 01/F.E: 22-09-10

Página 1 de 1

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO AG190705

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC190379
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 27/Diciembre/2019
	Fecha de análisis	: 27 de Diciembre de 2019 al 06 de Enero/2020
	Cotización N°	: CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	ST2
					Fecha de muestreo *	27/12/2019
					Hora de muestreo *	11:10
					Código del Laboratorio	AG190802
CM	**INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS**					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000	
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	20	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	17	

* Datos proporcionados por el cliente
Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater. 23 rd. Edition-2017

RESULTADOS DE CAMPO PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	ST2
PH	Unid. PH	6.93
Temperatura	°C	19.8
Humedad	%	71

Huaraz, 06 de Enero de 2020

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL FCAM UNASAM

MSc. Quím. Mario Leyva Colles
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario N°200-Huaraz-Ancash, Telef. 043-940020 - Anexos: 3802- 3801 - Cel. 944437754
E-mail: labfcam@hotmail.com

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

INFORME DE ENSAYO AG200003

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC200002
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 08/Enero/2020
	Fecha de análisis	: 08 de Enero al 15 de Enero/2020
	Cotización N°	: CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	E
					Fecha de muestreo [1]	08/01/2020
					Hora de muestreo [1]	11:00
					Código del Laboratorio	AG200003
CM	**INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS**					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000	
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	64	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	37	

[1] Datos proporcionados por el cliente
Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

RESULTADOS DE CAMPO PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	E
PH	Unid. PH	6.7
Temperatura	°C	20
Humedad	%	-

Huaraz, 15 de Enero de 2020

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL FCAM UNASAM

MSc. Quim. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos solo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash. Telef. 043-640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com

FI-001/Versión: 01/F.E: 22-05-10

Página 1 de 1

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO AG200004

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC200002
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 08/Enero/2020
	Fecha de análisis	: 08 de Enero al 15 de Enero/2020
	Cotización Nº	: CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	ST1
					Fecha de muestreo [1]	08/01/2020
					Hora de muestreo [1]	11:05
					Código del Laboratorio	AG200004
CM	INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000	
FQ	ANALISIS FISICOQUIMICOS					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	36	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	17	

[1] Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examinatios of Water and Wastewater. 23 rd. Edition-2017

RESULTADOS DE CAMPO PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	ST1
PH	Unid. PH	6.9
Temperatura	°C	22
Humedad	%	68

Huaraz, 15 de Enero de 2020

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL FCAM UNASAM

MSc. Quím. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP Nº 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario N°200-Huaraz-Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com

FI-001/Versión: 01/F.E: 22-09-10

Página 1 de 1

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO AG200005

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC200002
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 08/Enero/2020
	Fecha de análisis	: 08 de Enero al 15 de Enero/2020
	Cotización Nº	: CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA
					Código del cliente: ST2
					Fecha de muestreo[1]: 08/01/2020
					Hora de muestreo[1]: 11:10
					Código del Laboratorio: AG200005
CM	**INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLOGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS**				
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000
FQ	**ANALISIS FISICOQUIMICOS**				
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	26
FQ49	Sólidos Suspendidos Volatiles	mg/l	APHA 2540 E	1	17

[1] Datos proporcionados por el cliente
Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

RESULTADOS DE CAMPO PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	ST2
PH	Unid. PH	6.85
Temperatura	°C	21
Humedad	%	67

Huaraz, 15 de Enero de 2020

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL FCAM UNASAM

MSc. Quím. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP Nº 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario Nº200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3002- 3001 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com

FI-001/Versión: 01/F.E: 22-03-10

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

INFORME DE ENSAYO AG200012

CLIENTE	**Razón Social**	: DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
	Dirección	: Urbanización Piedras Azules S/N
	Atención	: Deysi Roxana Villafranca Flores
MUESTRA	**Producto declarado**	: Agua Residual
	Matriz	: Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
	Procedencia	: Centro Experimental Tuyu Ruri
	Ref./Condición	: Cadena de Custodia CC200005
MUESTREO	**Responsable**	: Muestra proporcionada por el cliente
	Referencia:	: No indica
LABORATORIO	**Fecha de recepción**	: 08/Enero/2020
	Fecha de análisis	: 08 de Enero al 15 de Enero/2020
	Cotización Nº	: CO190754

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	E0
					Fecha de muestreo	08/01/2020
					Hora de muestreo [1]	10:50
					Código del Laboratorio	AG200012
CM	**INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS**					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	11000000	
FQ	**ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS**					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	706	
FQ49	Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/l	APHA 2540 E	1	319	

[1] Datos proporcionados por el cliente
Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

RESULTADOS DE CAMPO PROPORCIONADOS POR LA TESISTA Srta. DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES		
PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	E
PH	Unid. PH	6.50
Temperatura	°C	21
Humedad	%	-

Huaraz, 15 de Enero de 2020

MSc. Quím. Mario Leyva Collas
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP Nº 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 940020 - Anexos. 3602- 3601 - Cel. 944432754
E-mail: labfcam@hotmail.com

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

INFORME DE ENSAYO

CLIENTE
Razón Social : DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
Dirección : Piedras Azules S/N - Los Olivos
Atención : Deysi Roxana Villafranca Flores

MUESTRA
Producto declarado : Agua Residual
Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
Procedencia : Centro de Experimentación Tuyu Ruri
Especie : Eisenia Foetida

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	FECHA DE MUESTREO	MUESTRA	
						AFLUENTE	EFLUENTE
FQ	ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ29	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B	0.01	15/10/2019	105.80	32.42
FQ30	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B	0.01	22/10/2019	68.51	22.71
FQ31	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B	0.01	06/11/2019	98.30	48.20
FQ32	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B	0.01	27/12/2019	67.22	25.15
FQ33	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B	0.01	08/01/2020	53.10	30.19
FQ34	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B	0.01	19/02/2020	25.18	13.20

[1] Datos proporcionados por el cliente
Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

MSc. Quim. Mario Leyva Collas
Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP Nº 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

INFORME DE ENSAYO

CLIENTE
Razón Social : DEYSI ROXANA VILLAFRANCA FLORES
Dirección : Piedras Azules S/N - Los Olivos
Atención : Deysi Roxana Villafranca Flores

MUESTRA
Producto declarado : Agua Residual
Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
Procedencia : Centro de Experimentación Tuyu Ruri
Especie : Lumbricus Terrestris

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	FECHA DE MUESTREO	MUESTRA	
						AFLUENTE	EFLUENTE
FQ	ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ29	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B	0.01	15/10/2019	105.80	31.12
FQ30	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B	0.01	22/10/2019	68.51	20.60
FQ31	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B	0.01	06/11/2019	98.30	41.85
FQ32	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B	0.01	27/12/2019	67.22	20.00
FQ33	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B	0.01	08/01/2020	53.10	23.98
FQ34	Turbiedad (en laboratorio)	UNT	APHA 2130 B	0.01	19/02/2020	25.18	10.70

[1] Datos proporcionados por el cliente
Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 23 rd. Edition-2017

MSc. Quím. Mario Leyva Collas
Administrador del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP Nº 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ANEXO F. ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL

Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

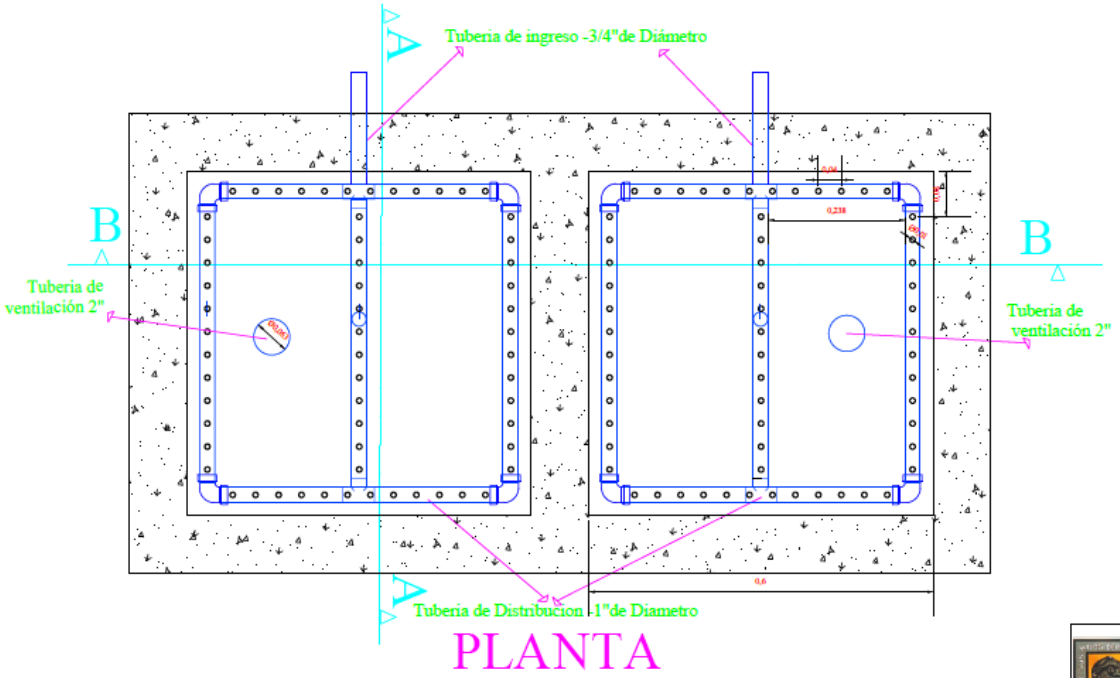
Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
FÍSICOS- QUÍMICOS						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	(µS/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO_3^-) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoniaco Total (NH_3)	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 5	≥ 5	≥ 5	≥ 4	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	≤ 25	≤ 100	≤ 400	≤ 100	≤ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	Δ 3	Δ 2	Δ 2
INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
ORGÁNICOS						
Compuestos Orgánicos Volátiles						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
BTEX						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hidrocarburos Aromáticos						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Bifenilos Policlorados						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
PLAGUICIDAS						
Organofosforados						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
Organoclorados						
Aldrín	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrín	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrín	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036

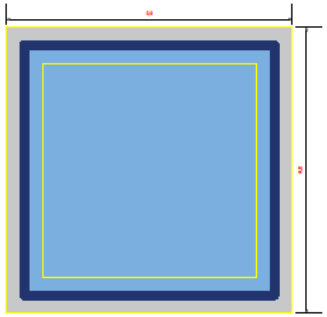
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

ANEXO G. PLANOS DEL LOMBRIFILTRO

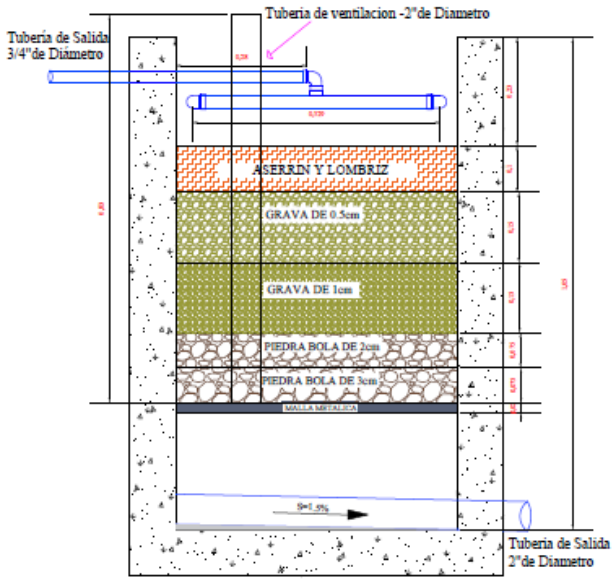
Repositorio Institucional - **UNASAM** - Perú

DISEÑO DE LOMBRIFILTRO

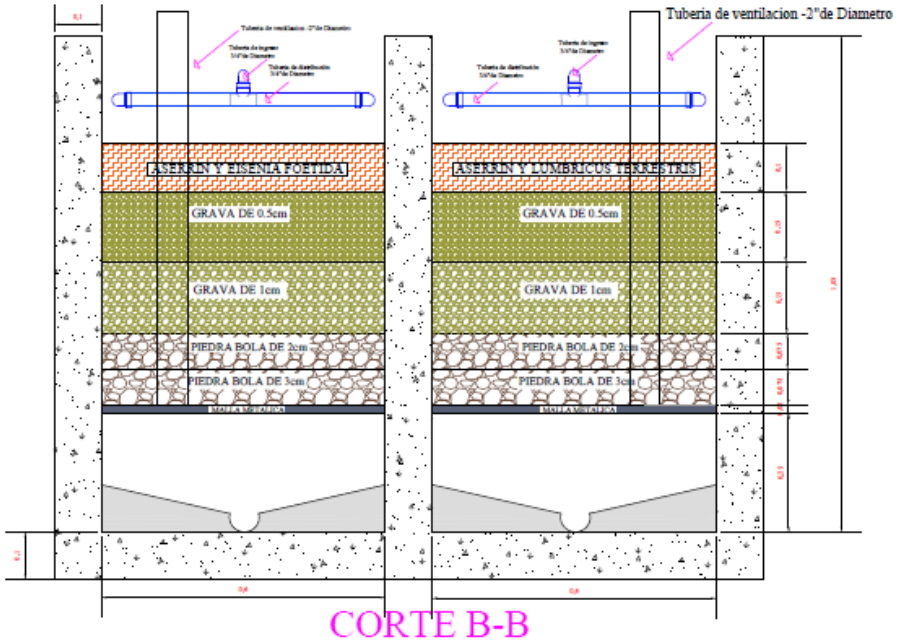




Repositorio Institucional - UNASAM - Perú



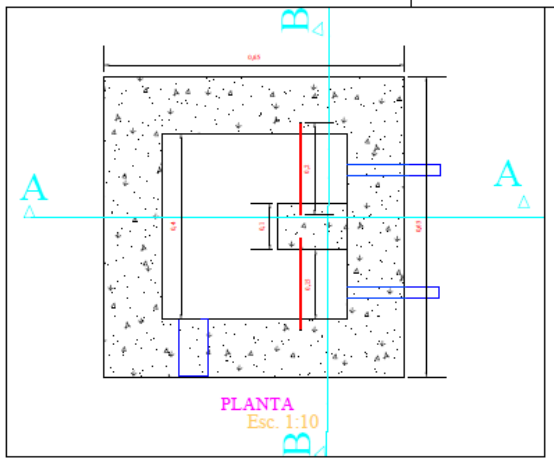
CORTE A-A

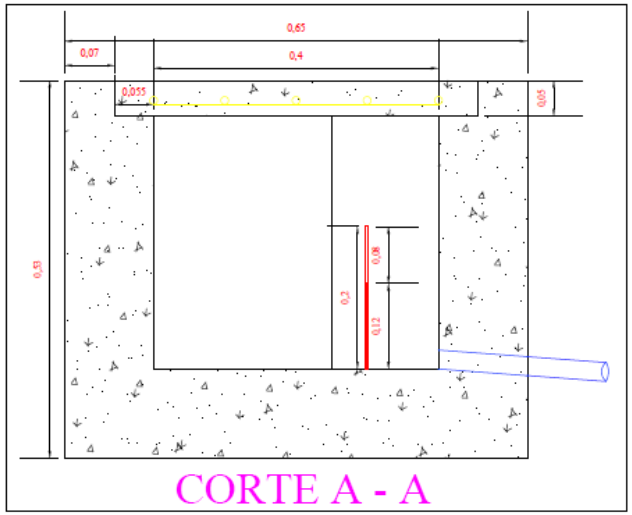


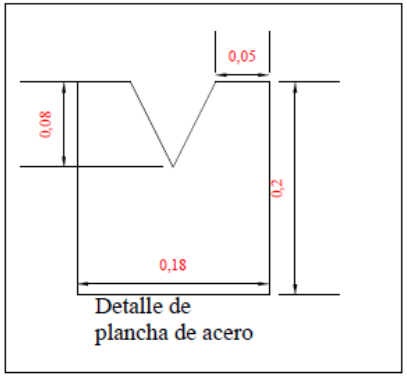
CORTE B-B

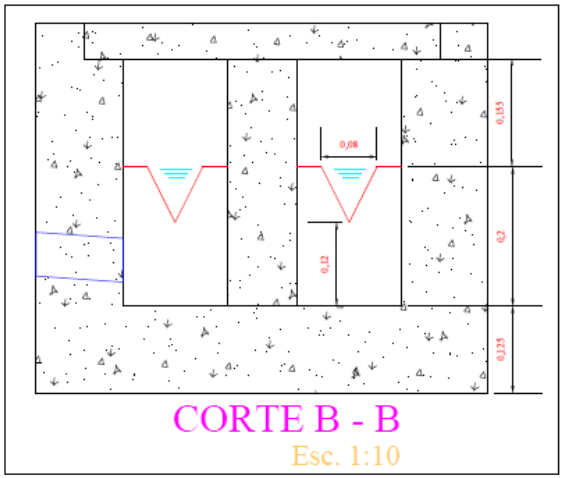
Repositorio Institucional - UNASAM - Perú

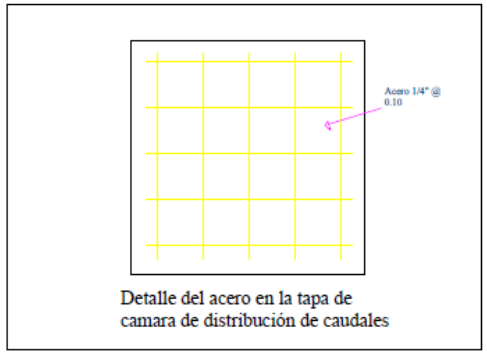
CÁMARA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES











Repositorio Institucional - UNASAM - Perú