

UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA



**EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO
MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA
REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS
AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE
DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE
TUYURURI-CARHUAZ-2019**

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERA SANITARIA

Tesista: Br. JOEL NILYBER OROPEZA MENDOZA

Asesor: Ing. NINO FRANKLIN ARAUJO JAMANCA

Huaraz - Perú

2022



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: _____

Código de alumno: _____ Teléfono: _____

E-mail: _____ D.N.I. n°: _____

(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:

4. Título del trabajo de investigación:

5. Facultad de: _____

6. Escuela o Carrera: _____

7. Asesor:

Apellidos y nombres _____ D.N.I n°: _____

E-mail: _____ ID ORCID: _____

8. Referencia bibliográfica: _____

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

Seleccione la
Fecha de Acto de sustentación:

Huaraz,

Firma:



Varillas William 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
FACULTAD CIENCIAS DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS

Los Miembros del Jurado en pleno que suscriben, reunidos en la fecha, en el Auditorio Virtual - Plataforma Microsoft Teams de la FCAM-UNASAM, de conformidad a la normatividad vigente conducen el Acto Académico de Sustentación y Defensa virtual de la Tesis "EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBÓN VEGETAL PARA LA REMOCIÓN DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019" que presenta JOEL NILYBER OROPEZA MENDOZA para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario.

En seguida, después de haber atendido la exposición oral y escuchada las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, lo declaramos:

APROBADO CON DISTINCIÓN

Con el calificativo de: **DIECISIETE (17)**

En consecuencia, **JOEL NILYBER OROPEZA MENDOZA** queda expedito para que el Consejo de Facultad de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" apruebe el otorgamiento de su **Título Profesional de Ingeniero Sanitario** de conformidad al Art. 113 numeral 113.9 del Reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° y 4ta. disposición complementaria del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 761-2017-UNASAM y Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 211-2020-UNASAM que incorpora la sustentación virtual), el Art. 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 232-2017-UNASAM) y el Instructivo para sustentación virtual de tesis (Resolución de Consejo de Facultad N° 051-2020-UNASAM- FCAM del 24/octubre/2020).

Huaraz, 23 de julio de 2021

Dr. **CESAR MANUEL GREGORIO DAVILA PAREDES**
Presidente
Jurado de sustentación

Blga. **ROSARIO ADRIANA POLO SALAZAR**
Primer miembro
Jurado de sustentación

Dra. **JUDITH ISABEL FLORES ALBORNOZ**
Segundo miembro
Jurado de sustentación

Ing. **NINO FRANKLIN ARAUJO JAMANCA**
Asesor de tesista



UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO
FACULTAD CIENCIAS DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



INFORME DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en la fecha, en el Auditorio Virtual - Plataforma Microsoft Teams de la FCAM-UNASAM, en el Acto Académico de Sustentación y Defensa de Tesis "EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCIÓN DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019", informamos que:

1) El proceso de sustentación y defensa de la tesis se desarrolló en forma normal dentro de la fecha y hora programada, con la asistencia en pleno de los miembros del Jurado y con la presencia del asesor.

2) El tesista JOEL NILYBER OROPEZA MENDOZA ha:

- Aprobado sin observación, con el calificativo (17)
- Aprobado con observación, con el calificativo ()

Por consiguiente, para efectos de conformidad deberá subsanar lo siguiente:

.....
.....

- Desaprobado, con el calificativo ()

3) El Acta de Sustentación y Defensa de la Tesis se eleva a la Dirección de Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de conformidad al Art. 68° inc. f) del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario - Rector N° 761-2017-UNASAM).

Huaraz, 23 de julio de 2021

Dr. CESAR MANUEL GREGORIO DÁVILA PAREDES
Presidente
Jurado de sustentación

Blga. ROSARIO ADRIANA POLO SALAZAR
Primer miembro
Jurado de sustentación

Dra. JUDITH ISABEL FLORES ALBORNOZ
Segundo miembro
Jurado de sustentación

Ing. NINO FRANKLIN ARAUJO JAMANCA
Asesor de tesista

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por guiar mis pasos y no abandonarme nunca por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor.

A mis padres por ser el pilar más importante de mi vida, por demostrarme siempre su amor y apoyo incondicional e inculcar en mí una persona de bien.

A mis hermanos por ser el motivo de mis deseos de superación y desarrollo profesional.

A mis primos y sobrinos que siempre estuvieron ahí apoyándome y animándome.

A mis amigos, por su confianza y animo brindado.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

Mi especial agradecimiento a mi madre Mendoza Macedo Edita y mi padre Oropeza Mendoza Nicolas por su apoyo emocional y moral para conmigo.

Agradezco al Ing. Nino Franklin Araujo Jamanca por su asesoría y apoyo incondicional en la realización de esta tesis

A mis maestros que me brindaron la base de conocimientos para mi desarrollo profesional y a mis compañeros, mis mejores amigos por el aliento transmitido durante estos años.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

Joel Nilyober Oropeza Mendoza

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Oropeza Mendoza Joel Nilyober, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ciencias del Ambiente de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez De Mayolo", declaro que la tesis titulada

“EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019”, para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Sanitario, es de mi autoría.

- He mencionado todas las fuentes empleadas en el presente trabajo de investigación identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes de acuerdo a lo establecido por las normas de elaboración de trabajo académico.
- No he utilizado ninguna otra fuente distinta de aquellas expresadamente señaladas en este trabajo.
- Este trabajo de investigación no ha sido previamente presentado completa ni parcialmente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
- Soy consciente de que mi trabajo puede ser revisado electrónicamente en búsqueda de plagios.
- De encontrar uso de material intelectual ajeno sin el debido reconocimiento de su fuente o autor, me someto a las sanciones que determinan el procedimiento disciplinario.

Huaraz, enero del 2022.

Joel Nilyober Oropeza Mendoza
DNI: 70188782
Br. Ingeniería Sanitaria

ÍNDICE

I.	Introducción	1
1.1.	Objetivos	2
1.1.1.	Objetivo general.....	2
1.1.2.	Objetivos específicos.....	2
1.2.	Hipótesis	2
1.2.1.	Hipótesis general	2
1.2.2.	Hipótesis específicas	2
1.3.	Variables	3
1.3.1.	Variable independiente 01: Medio filtrante de grava y carbón vegetal 3	
1.3.2.	Variable independiente 02: Sedimentadores (carga orgánica)	4
1.3.3.	Variable independiente 03: Filtros percoladores (carga hidráulica) 4	
1.3.4.	Variable dependiente 01: Remoción de solidos disueltos.....	5
1.3.5.	Variable dependiente 02: Remoción de DBO	6
1.3.6.	Cuadro operacional	7
II.	Marco Teórico.....	10
2.1.	Antecedentes	10
2.2.	Bases teóricas.....	19
2.2.1.	Sedimentador primario.....	19
2.2.2.	Tratamiento secundario	19
2.2.3.	El filtro percolador o biofiltro.....	20
2.2.4.	Medio filtrante	21
2.2.5.	Área del medio filtrante (m2).....	22
2.2.6.	Profundidad del medio filtrante (m)	22
2.2.7.	Carbón vegetal.....	23

2.2.8.	Caudal de operación (m ³ /día).....	24
2.2.9.	Carga hidráulica.....	24
2.2.9.1	Filtros de baja carga	25
2.2.9.2	Filtros intermedios y de alta carga	25
2.2.9.3	Filtros de súper alta carga	26
2.2.9.4	Factores que afectan el diseño.....	28
2.2.10.	Demanda bioquímica de oxígeno	28
2.2.11.	Carga orgánica	29
2.2.12.	Conductividad.....	29
2.2.13.	Solidos totales	29
2.2.14.	PH.....	30
2.2.15.	Temperatura (°C).....	31
2.2.16.	Maduración en los filtros.....	32
2.3.	Definición de términos básicos.....	33
III.	Marco Metodológico	34
3.1.	Tipo de Investigación	34
3.2.	Diseño de Investigación	36
3.3.	Metodología	37
3.3.1.	Etapa de diseño de los filtros percoladores con medio filtrante de grava y carbón vegetal.....	37
3.3.2.	Etapa de descripción general del sistema	38
3.3.3.	Etapa de construcción de los filtros percoladores.....	43
3.3.4.	Etapa de instalación de unidades operacionales del sistema.....	43
3.3.5.	Etapa de monitoreo.....	46
3.3.6.	Métodos o técnicas	50
3.4.	Población y muestra.....	53
3.5.	Instrumentos validados de recolección de datos.....	54

3.6. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información.....	58
IV. Resultados	59
4.1. Condiciones hidráulicas de los filtros percoladores.....	59
4.2. Condiciones de unidad de superficie.....	61
4.3. DBO en de los filtros percoladores.....	63
4.4. Condiciones de concentración de contaminantes.	64
4.5. Sólidos disueltos totales en de los filtros percoladores	67
4.6. Contrastación de hipótesis	68
4.6.1. Hipótesis general	68
4.6.2. Primera hipótesis específica	72
4.6.3. Segunda hipótesis específica	75
V. Discusión de resultados	78
VI. Conclusiones.....	85
VII. Referencia bibliográfica	87

Índice de Tabla

<i>Tabla 1 Información general sobre el diseño de filtros percoladores</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 2 Procesos de tratamiento.....</i>	<i>27</i>
<i>Tabla 3 Diseño de investigación.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 4 Dimensiones físicas del filtro percolador</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 5 Tiempo de Retención hidráulico en el filtro percolador.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 6 Dimensiones del medio de soporte</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 7 Técnicas e instrumentos de recolección de Datos</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 8 Medida descriptiva del caudal de operación (L/s) en los filtros percoladores.....</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 9 Medidas descriptivas de volumen de operación (m3) en los filtros percoladores.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 10 Medidas descriptivas del área del medio filtrante (m2) en los filtros percoladores.....</i>	<i>61</i>

<i>Tabla 11 Medidas descriptivas de la densidad del medio filtrante (gr/cm³) en los filtros percoladores</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 12 Medidas descriptivas de DBO (mg/L) en los filtros percoladores</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 13 Medidas descriptivas del pH en los filtros percoladores</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 14 Medidas descriptivas de la temperatura (°C) en los filtros percoladores</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 15 Medidas descriptiva de la conductividad (μS /cm) en los filtros percoladores.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 16 Medidas descriptiva de sólidos disueltos totales (mg/L) en los filtros percoladores.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 17 Prueba de normalidad de los datos remoción de DBO y sólidos disueltos totales con el medio filtrante de grava y carbón vegetal.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabla 18 Eficiencia (%) por filtros percoladores sobre la remoción de DBO</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 19 Eficiencia (%) por filtros percoladores sobre la remoción de Sólidos disueltos totales.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabla 20 Prueba U de Mann – Whitney de remoción de DBO y Sólidos Disueltos totales con el medio filtrante de grava y carbón vegetal.....</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 21 Condiciones del medio filtrante de grava.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabla 22 Prueba de normalidad de los datos de remoción DBO y Sólidos Disueltos Totales sobre el medio filtrante de carbón vegetal.</i>	<i>76</i>
<i>Tabla 23 Condiciones del medio filtrante de carbón vegetal.</i>	<i>77</i>

Índice de Figuras

<i>Figura 1 Variación horaria típica de las aguas residuales</i>	<i>24</i>
<i>Figura 2 Variaciones mensuales típicas de la temperatura en el agua residual</i>	<i>31</i>
<i>Figura 3 Ubicación de las unidades de tratamiento de las aguas residuales ..</i>	<i>38</i>
<i>Figura 4 Tren de procesos del sistema de tratamiento</i>	<i>42</i>
<i>Figura 5 Etapas del proyecto de investigación.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 6 Frecuencia de monitoreo.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 7 Medidas descriptiva del caudal de operación(L/s) en los filtros percoladores.....</i>	<i>60</i>

<i>Figura 8 Medidas descriptivas del volumen de operación (m³) en los filtros percoladores.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 9 Medidas descriptivas del área del medio filtrante (m²) en los filtros percolares.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 10 Medidas descriptivas de densidad del medio filtrante (gr/cm³) en los filtros percoladores.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 11 Medidas descriptivas de DBO (mg/L) en los filtros percoladores</i>	<i>64</i>
<i>Figura 12 Medidas descriptivas del pH en los filtros percoladores.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 13 Medidas descriptivas de la temperatura (°C) en los filtros percoladores</i>	<i>66</i>
<i>Figura 14 Medidas descriptiva de la conductividad (μS /cm) en los filtros percoladores.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 15 Medidas descriptivas de sólidos disueltos totales (mg/L) en los filtros percoladores.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 16 Eficiencia (%) por filtros percoladores sobre la remoción de DBO y Sólidos Disueltos totales</i>	<i>71</i>
<i>Figura 17 Eficiencia (%) por filtros percoladores sobre la remoción de DBO y Sólidos Disueltos totales empleando como medio filtrante grava.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 18 Eficiencia (%) por filtros percoladores sobre la remoción de DBO y Sólidos Disueltos totales empleando como medio carbón vegetal.....</i>	<i>76</i>

Resumen

Los filtros percoladores son utilizados como tratamiento biológico de las aguas residuales y consiste en la depuración se produce cuando el agua residual pasa a través de la biopelícula ocasionando remoción de materia orgánica, oxidación simultánea de materia orgánica y disminución de sólidos.

Los filtros percoladores con medio filtrante de carbón vegetal, puede ser considerada una alternativa de tratamiento biológico para aguas domésticas, por tener eficiencias similares a los filtros con medio filtrante de grava.

En esta investigación consiste en evaluar las eficiencias de remoción de DBO y solidos disueltos en los diferentes filtros percoladores con medio filtrante de carbón vegetal y grava a escala piloto. En la investigación se realizó la construyo 9 filtros percoladores de los cuales el F1, F4 Y F9 tendrán un área de 0.123 m² y un THR de 5.85 Hr., los F2, F5 Y F8 y un THR de 7.8 Hr. un área de 0.160 m² y por último los F3, F6, F7 con un área 0.250 m² y un THR de 12.18 Hr. y toda una altura de 1 m, en la cual se utilizó como medio filtrante de carbón vegetal de 2" aproximadamente para los filtros 1,2,3,4,5,6, y para los filtros 6,7,9 se utilizó como medio filtrante grava de 2" aproximadamente. En la cual se tomaron muestras de entradas y salidas del sistema. El afluente para los filtros provino de diferentes sedimentadores primarios. Los parámetros monitoreados fueron: pH, conductividad, temperatura, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), solidos disueltos totales (SDT).

La eficiencia encontrada en promedio de los filtros es de 38% en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólo 6% en lo sólidos disueltos totales (SDT) de los filtros percoladores, registrando mayor eficiencia promedio en DBO en el Filtro N°03 con 46% variando de 62% a 78% y SDT 18% con un THR 12.18 Hr., a una densidad de 0.580 (gr/cm³) en volumen de trabajo a 0.25 (m³). Se evidencia que el carbón vegetal como medio filtrante para los filtros percoladores son sostenibles y con ellas se logran reducciones de DBO y SDT alcanzando en todos los filtros, una eficiencia mayores al 64% en DBO y 7% en SDT.

Abstract

The percolating filters are used as biological treatment of sewage waters and it consists in depuration it takes place when the wastewater passes through the biofilm causing removal of organic matter, simultaneous oxidation of organic matter and decrease of solids.

The percolating filters with half-way filtering of charcoal, can be considered an alternative of biological treatment for domestic waters, in order to have similar efficiencies to the filters with half-way filtering of gravel.

In this investigation it consists in evaluating the efficiencies of removal of DBO and solids dissolved in the different percolating filters with half-way filtering of charcoal and tax to scale pilot light. In investigation it came true construct it 9 percolating filters of the as the F1, F4 AND F9 will have a 0,123-m² area and 5,85 Hr.'s THR, the F2, F5 AND F8 and a THR of 7,8 Hr. a 0,160-m² area and finally the F3, F6, F7 with an area 0,250 m² and a THR of 12,18 Of 2" approximately. In the one that they were taken in samples of receipts and expenditures of the system. The affluent for the filters came from different primary settler tanks. The monitored parameters were: PH, conductivity, temperature, biochemical oxygen demand (DBO), dissolved total solids (SDT).

The efficiency found on the average of the filters belongs to 38 % in the biochemical oxygen demand (DBO) and only 6 % in it dissolved total solids (SDT) of the percolating filters, registering bigger average efficiency in DBO in the Filter N 03 with 46 % varying of 62 % 78 % and SDT 18 % with a THR 12,18 Hr., to a density of 0,580 (RBC cm³) in work volume to 0,25 (m³). Se evidence than the charcoal like half-way filtering for the percolating filters they are sustainable and with them reductions of DBO and SDT fitting turn out well In all the filters, an efficiency bigger to the 64 % in DBO and 7 % in SDT.

I. Introducción

El agua residual generada por el uso doméstico produce una contaminación que, en la mayoría de las comunidades rurales de toda la región, no recibe ningún tipo de tratamiento, o si lo recibe, este no es el adecuado o sencillamente no funciona por falta de un adecuado programa de mantenimiento. Por ello necesario el desarrollo de tecnologías apropiadas, que permitan, con bajo costo, tanto de construcción como de mantenimiento.

En el mundo muchas son las tecnologías empleadas en el tratamiento de las aguas residuales; sin embargo; gran parte de ellas carecen de objetividad, ya sea por su difícil aplicación en condiciones distintas a las del país del cual se importó dicha tecnología o por el elevado costo que representan; es más, se ataca el problema desde puntos de vista sofisticado; sin embargo existen medios para desarrollar tecnologías de tratamiento de las aguas residuales que estén a nuestro alcance, que solo requieren ser visualizados como sistemas de tratamiento en base a tecnologías apropiadas y que además sean funcionales.

Una buena alternativa es el empleo de los filtros percoladores, ya que presentan una solución económica técnica y financieramente, que ya se emplea en algunas comunidades, por su fácil construcción y el uso exclusivo de la gravedad para el proceso de mejoramiento de las características del agua residual.

Debido a los buenos resultados obtenidos en la planta de tratamiento de aguas residuales Shimanto Gawa (Japón) que emplearon en sus filtros un tipo de carbón vegetal tratado, dispuesto a manera de estratos interactuando con otros medios filtrantes en un mismo compartimiento.

la propuesta es evaluar la viabilidad técnica de una nueva configuración del sistema utilizando carbón vegetal como medio único, económico y eficiente en el tratamiento de las aguas residuales.

La propuesta es evaluar la efectividad de los filtros percoladores de agua residual provienen de diferentes sedimentarios utilizando carbón vegetal y grava como medio filtrante y verificar su eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Determinar la eficiencia de filtros percoladores utilizando como medio filtrante grava y carbón vegetal en la remoción de DBO y Solidos Disueltos Totales en las aguas residuales domésticas provenientes de diferentes sedimentadores en la localidad de Tuyururi –Carhuaz-2019.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar la eficiencia del filtro percolador con medio filtrante grava, para en remoción de solidos disueltos y DBO de las aguas residuales domésticas proveniente de un sedimentado primario en la localidad de Tuyururi –Carhuaz-2019.
- Determinar la eficiencia del filtro percolador con medio filtrante carbón vegetal, para en remoción de solidos disueltos y DBO de las aguas residuales domésticas proveniente de un sedimentado primario en la localidad de Tuyururi –Carhuaz-2019.

1.2. Hipótesis

1.2.1. Hipótesis general

- Hi: Determinar las eficiencias utilizando como medio filtrante grava y carbón vegetal en la remoción de DBO y Solidos Disueltos Totales en las aguas residuales domésticas provenientes de diferentes sedimentadores en la localidad de Tuyururi –Carhuaz-2019.

1.2.2. Hipótesis específicas

- He-1: El filtro percolador con medio filtrante grava, Si es eficiente para en remoción de solidos disueltos y DBO de las aguas residuales

domesticas proveniente de un sedimentado primario en la localidad de Tuyururi –Carhuaz-2019.

- He-2: El filtro percolador con medio filtrante carbón vegetal, Si es eficiente para en remoción de solidos disueltos y DBO de las aguas residuales domésticas proveniente de un sedimentado primario en la localidad de Tuyururi –Carhuaz-2019.

1.3. Variables

1.3.1. Variable independiente 01: Medio filtrante de grava y carbón vegetal

Definición conceptual: El medio filtrante ideal es un material de elevada área superficial por unidad de volumen, que sea económico y duradero y que no se obstruya fácilmente. (Yucra 2016)

Definición operacional: El medio filtrante en un filtro percolador puede estar formado por grava, carbón o cualquier otra sustancia durable y resistente; sobre la cual se propicia la formación de una biopelícula constituida por una población microbiana heterogénea. (Ecología 1985)

Indicadores: De la variable independiente 01, serán objeto de observaciones directas y susceptibles de cuantificación; para el estudio se presenta los indicadores de la variable, las que son descritas a continuación:

- Profundidad del medio filtrante (m)
- Área del medio filtrante (m²)
- Densidad del medio filtrante (gr/cm³)

1.3.2. Variable independiente 02: Sedimentadores (carga orgánica)

Definición conceptual: El tratamiento primario, también llamado clarificación primaria, incluye la remoción de sólidos fácilmente sedimentables antes del tratamiento biológico. (YUCRA 2016)

Definición operacional: El propósito principal de la etapa primaria es producir generalmente un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y unos fangos o lodos que puede ser tratado separadamente (Almeyda 2007)

Indicadores: De la variable independiente 02, serán objeto de observaciones directas y susceptibles de cuantificación; para el estudio se presenta los indicadores de la variable, las que son descritas a continuación:

- ◆ Demanda Bioquímica de Oxígeno afluente (mg/l)
- ◆ Sólidos Disueltos totales afluentes (mg/l)
- ◆ PH (unidad)
- ◆ Temperatura (°C)
- ◆ Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

1.3.3. Variable independiente 03: Filtros percoladores (carga hidráulica)

Definición conceptual: los filtros percoladores puede definirse como un sistema de lechos, compuesto en gran parte de materiales sintéticos o rocas de distintas variedades y formas de alta relación área/volumen sobre la cual son aplicadas las aguas residuales de manera continua o intermitente por medio de aspersores distribuidores ya sean fijos o móviles (YUCRA 2016)

Definición operacional: El filtro percolador es un relleno cubierto de limo biológico a través del cual se percola el agua residual. Normalmente el agua residual se distribuye en forma de pulverización uniforme sobre el lecho de relleno mediante una distribución uniforme. El agua residual percola en forma descendente a través del relleno y el efluente se recoge en el fondo. (Ramalho 1996)

Indicadores: De la variable independiente 03, serán objeto de observaciones directas y susceptibles de cuantificación; para el estudio se presenta los indicadores de la variable, las que son descritas a continuación:

- ◆ Volumen de agua residual (m³)
- ◆ Caudal de operación (m³/d)

1.3.4. Variable dependiente 01: Remoción de sólidos disueltos

Definición conceptual: Los sólidos disueltos representan el material soluble y coloidal, el cual requiere para su remoción oxidación biológica, o coagulación y sedimentación. (Almeyda 2007).

Definición operacional: Los sólidos disueltos totales son el número de miligramos del residuo que queda después de evaporar una muestra de agua previamente filtrada a través de un filtro de fibra de vidrio con abertura de 1,5 micras. (Ladino et al. 2016).

Indicadores: De la variable independiente 03, serán objeto de observaciones directas y susceptibles de cuantificación; para el estudio se presenta los indicadores de la variable, las que son descritas a continuación:

- Sólidos Disueltos totales (mg/l)
- PH (unidad)
- Temperatura (°C)
- Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

1.3.5. Variable dependiente 02: Remoción de DBO

Definición conceptual: La DBO es la cantidad de oxígeno requerido para la respiración de los microorganismos responsables de la estabilización (oxidación) de la materia orgánica a través de su actividad metabólica en medio aerobio. Así mismo, representa indirectamente una medida de la concentración de materia orgánica biodegradable contenida en el efluente. (Yucra 2016).

Definición operacional: La DBO es la medida indirecta del contenido de la materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un período de cinco días y una temperatura de veinte grados Celsius. (CÁCERES 2010)

Indicadores: De la variable independiente 03, serán objeto de observaciones directas y susceptibles de cuantificación; para el estudio se presenta los indicadores de la variable, las que son descritas a continuación:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)

1.3.6. Cuadro operacional

VARIABLES INDEPENDIENTES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	TIPO DE VARIABLE
MEDIDO FILTRANTE DE GRAVA Y CARBON VEJETAL	El medio filtrante ideal es un material de elevada área superficial por unidad de volumen, que sea económico y duradero y que no se obstruya fácilmente. (YUCRA 2016)	El medio filtrante en un filtro percolador puede estar formado por grava, carbón o cualquier otra sustancia durable y resistente; sobre la cual se propicia la formación de una biopelícula constituida por una población microbiana heterogénea. (Ecología 1985)	Unidad de superficie	Profundidad del medio filtrante	m	Numérica Continua
				Área del medio filtrante	m ²	Numérica Continua
				Densidad del medio filtrante	gr/cm ³	Numérica Continua
SEDIMENTADORES DIFERENTES (CARGA ORGANICA)	El tratamiento primario, también llamado clarificación primaria, incluye la remoción de sólidos fácilmente sedimentables antes del tratamiento biológico. (YUCRA 2016)	El propósito principal de la etapa primaria es producir generalmente un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y unos fangos o lodos que puede ser tratado separadamente (Almeyda 2007)	concentración de un determinado contaminante	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) Afluentes	mg/L	Numérica Continua
				Sólidos Disueltos totales afluentes	mg/L	Numérica Continua
				PH	Unidad	Numérica Continua
				Temperatura	°C	Numérica Continua
				Conductividad	µS/cm	Numérica Continua
FILTROS PERCOLADORES (CARGA)	los filtros percoladores puede definirse como un sistema de lechos,	El filtro percolador es un relleno cubierto de limo biológico a través del cual	Condiciones hidráulicas	Volumen de agua residual	m ³	Numérica Continua

HIDRAULICA)	compuesto en gran parte de materiales sintéticos o rocas de distintas variedades y formas de alta relación área/volumen sobre la cual son aplicadas las aguas residuales de manera continua o intermitente por medio de aspersores distribuidores ya sean fijos o móviles (YUCRA 2016)	se percola el agua residual. Normalmente el agua residual se distribuye en forma de pulverización uniforme sobre el lecho de relleno mediante una distribución uniforme. El agua residual percola en forma descendente a través del relleno y el efluente se recoge en el fondo. (Ramalho 1996)		Caudal de operación	m ³ /d	Numérica Continua
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN	TIPO DE VARIABLE
REMOCION DE SOLIDOS DISUELTOS	Los <i>sólidos disueltos</i> representan el material soluble y coloidal, el cual requiere para su remoción oxidación biológica, o coagulación y sedimentación. (Almeyda 2007).	Los sólidos disueltos totales son el número de miligramos del residuo que queda después de evaporar una muestra de agua previamente filtrada a través de un filtro de fibra de vidrio con abertura de 1,5 micras. (Ladino et al. 2016).	Parámetros físicos	Sólidos Disueltos totales efluentes	mg/L	Numérica Continua
				PH	Unidad	Numérica Continua
				Temperatura	°C	Numérica Continua
				Conductividad	μS/cm	Numérica Continua

REMOCION DE DBO	La DBO es la cantidad de oxígeno requerido para la respiración de los microorganismos responsables de la estabilización (oxidación) de la materia orgánica a través de su actividad metabólica en medio aerobio. Así mismo, representa indirectamente una medida de la concentración de materia orgánica biodegradable contenida en el efluente. (YUCRA 2016).	La DBO es la medida indirecta del contenido de la materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un período de cinco días y una temperatura de veinte grados Celsius. (CÁCERES 2010)	concentración de materia orgánica	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) Efluentes	mg/L	Numérica Continua
-----------------	--	---	-----------------------------------	--	------	-------------------



II. Marco Teórico

2.1. Antecedentes

Un estudio realizado en el año 2016, “Evaluación de un filtro biológico como unidad de post-tratamiento de aguas residuales utilizando conchas marinas como material de soporte”, esta investigación se evaluó la eficiencia de un filtro biológico (FB) a escala piloto, utilizando conchas marinas como material de soporte (MS) para el post-tratamiento de aguas residuales municipales (ARM) que provenían de un tratamiento previo anaerobio-aerobio. El FB se evaluó con diferentes cargas orgánicas, siendo los tiempos de retención hidráulicos (TRH) estudiados: 12,85; 10,71; 8,57 y 6,43h. Los parámetros monitoreados fueron: pH, alcalinidad carbónica y total, temperatura, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), ácidos grasos volátiles (AGV), nitrógeno total Kjeldahl (NTK), fósforo total, sólidos suspendidos totales (SST), volátiles (SSV) y fijos (SSF). Las mejores eficiencias de remoción de materia orgánica se obtuvieron a TRH de 10,71h, registrando remociones de DQOT, DQOS y DBO 5 20 en el orden de 51,5; 48,6 y 39,2%. Sin embargo, la mejor eficiencia en la remoción de sólidos suspendidos se observó en el TRH de 6,43h (SST, 29%, SSV, 23,8% y SSF, 50%). A pesar de recibir tratamiento previo, el número de coliformes totales y fecales afluentes al FB fueron altos, presentando órdenes hasta de 107 NMP/100ml, las mayores eficiencias en la remoción de Coliformes totales y fecales fueron de 97,24 y 94,63%, respectivamente, registradas en el TRH de 12,85h. Se evidencia que las conchas marinas (Arca zebra)

son MS sostenibles y con ellas se logran reducciones satisfactorias de materia orgánica en el tratamiento de ARM. (Galindo et al, 2016).

El estudio realizado en el año 2016, "Evaluación de un filtro artesanal del efluente de una lavadora de autos a base de bagazo de caña de maíz, aserrín, ceniza de carbón vegetal y grava", en este proyecto experimental se realizó varios análisis físicos químicos del agua residual antes y después del proceso de filtración. Los parámetros considerados para el análisis son: turbiedad, sólidos suspendidos, sólidos totales, DBO5, DQO, pH, Aceites y grasas, Hidrocarburos totales de petróleo (TPH) Para el desarrollo del experimento, el filtro estuvo en funcionamiento durante treinta días, la toma de muestras se realizó dos veces por semana, las cuales fueron analizadas en un laboratorio especializado. En la primera semana se realizó un análisis completo antes y después del proceso de filtración, en la segunda y tercera semana se realizó el análisis de turbiedad, sólidos suspendidos y DBO5, y finalmente en la cuarta semana se evaluó el análisis de todos los parámetros después de filtrar.

La eficiencia del filtro se reflejará en los resultados de los análisis realizados antes del proceso de filtración, comparado con el primer análisis y el último realizado a los treinta días de funcionamiento del filtro una vez analizados los resultados se determinó que los materiales utilizados en el filtro han contribuido a la disminución de determinados parámetros como la turbiedad, DBO5, DQO, Sólidos suspendidos, Aceites y grasas, TPH.

Los materiales utilizados en el filtro artesanal lograron disminuir algunos de los parámetros establecidos como la turbiedad, sólidos suspendidos, aceites y grasas, hidrocarburos totales de petróleo. Al realizar el análisis físico químico de la DBO5 y la DQO no se ha obtenido los resultados esperados ya que estos parámetros evalúan el consumo de oxígeno y la carga orgánica independientemente, y la mayoría de los materiales utilizados en el filtro son orgánicos lo que pudo reducir las posibilidades que el valor de estos parámetros se encuentre dentro del límite.

El pH ha incrementado ya que la ceniza de carbón vegetal o de madera presenta contenidos de diferentes nutrientes como potasio, fósforo, magnesio y calcio; por lo que el material presenta un fuerte carácter alcalino. Una de las alternativas para bajar el pH es aplicar ácido fosfórico al agua filtrada.

Lo cual deja abiertos temas de investigación para conocer que material independientemente consiguió disminuir los valores de los parámetros mencionados. (Jiménez, 2016)

Un estudio realizado en el año 2010, “Implementación de material de desecho PET como elemento filtrante en filtros biológicos”, el presente trabajo contiene la información obtenida en la realización del estudio especial sobre la implementación del material de desecho PET como elemento filtrante en filtros biológicos, para el tratamiento del agua residual, el cual sugiere un buen rendimiento por las características propias del material que emplea, y que se ha utilizado anteriormente sin tener registro de sus características de funcionamiento, pero que han

servido como referencia para la aplicación del concepto aquí descrito. La falta de información sobre el uso de Polietileno de Tereftalato (PET), cuya fórmula química es $[-CO-C_6H_4-CO-O-CH_2-CH_2-O-]$, en filtros biológicos, hace considerar una hipótesis que permita definir su efectividad y rendimiento.

Para analizar el funcionamiento del PET como medio filtrante fue necesario construir una unidad de filtro percolador, y de esta forma poder tabular los diferentes datos obtenidos y compararlos con otros filtros que utilizan otro tipo de material como medio filtrante, como ser piedrín y desecho de ripio.

Los análisis realizados sirven para obtener una caracterización del agua residual de origen doméstico, tanto en la entrada como en la salida, así como en la fase intermedia de los filtros construidos para tal fin, considerando la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) como los principales parámetros a ser evaluados.

Los valores obtenidos de remoción de DBO5 y DQO, por encima del 90% en condiciones de carga hidráulica adecuada, reflejan claramente la efectividad del uso del desecho PET, lo que permite obtener un doble beneficio, ya que se contribuye a reutilizar un producto de desecho y al mismo tiempo se ayuda a mejorar la calidad del agua residual antes de enviarla a un cuerpo receptor. Finalmente, se concluye que el uso de material de desecho a base de PET es una opción práctica y viable desde

el punto de vista técnico y económico, ya que no se requiere de una mano de obra especializada para su implementación. (Obdulio, 2010)

Un estudio realizado en el año 2007, “Tratamiento alternativo de aguas residuales domésticas mediante filtros consecutivos para poblaciones rurales”, la filtración biológica mediante carbón vegetal, podría ser considerada una alternativa en plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, por tener eficiencias semejantes a filtros biológicos que utilizan medios convencionales. Este trabajo consiste en evaluar el comportamiento del carbón vegetal como medio filtrante en reactores abiertos de flujo ascendente a escala piloto. La investigación se realizó en dos etapas:

La Etapa I, encargada de la evaluación de la eficiencia del proceso en función del diámetro con mejor retención de sólidos y mayor remoción de DBO. Una vez obtenido este diámetro e intentando optimizar el desempeño del sistema, se probó la viabilidad de tratar el carbón vegetal con un agente externo. Posteriormente se compararon las eficiencias del carbón natural frente a un medio convencional (grava) a condiciones similares de carga orgánica y tamaño del medio.

La Etapa II, con el desarrollo de una planta piloto de mayores dimensiones, buscando mejorar la remoción de DBO y favorecer el proceso de nitrificación en el reactor. Se utilizó como medio filtrante carbón vegetal de 2” en un recipiente de PVC de 10 cm. de diámetro por 1.60 mts. de altura, en el cual se instalaron tres tomas de muestra cada 0.50 mts. El afluente del filtro provino de un tanque séptico a escala. Se

estableció la altura óptima de aireación a 0.50 mts respecto a la base del filtro en relación a los análisis de OD, ensayos de la DBO y mediciones de turbidez. Inicialmente el desempeño del sistema en remoción de DBO fue bajo y no logró una efectiva retención de sólidos, luego de un período de maduración de 15 días seguido por la etapa de aireación del reactor, la eficiencia en remoción de la DBO incrementó de manera progresiva, obteniendo el sistema Tanque séptico - Filtro biológico un 77% de eficiencia en remoción de la DBO. La determinación de nitrógeno como nitratos en el efluente final superó los 24 mg/l. (Almeyda, 2007)

El estudio realizado en el año 2017, "Determinación de la eficiencia de tratamiento del efluente de un reactor anaerobio mediante sistemas de dos filtros anaerobios utilizando polipropileno y grava como medios filtrantes", este proyecto se compone de dos baterías de filtros anaerobios en serie con dos reactores cada uno. Una de las baterías contiene grava como medio filtrante, mientras que la otra contiene polipropileno como medio filtrante. Ambas baterías de filtros anaerobios fueron alimentadas por el efluente del reactor anaerobio de flujo ascendente (UASB). El objetivo principal de la investigación fue determinar la eficiencia de tratamiento de cada una de las baterías de filtros anaerobios en serie para, finalmente, identificar cuál de los dos medios filtrantes es más eficiente. Para efectos de esta comparación, se evaluó periódicamente el porcentaje de remoción de los siguientes parámetros: turbiedad, sólidos totales (ST), demanda biológica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO) y coliformes totales (CT). El desarrollo de la investigación se realizó bajo las condiciones de temperatura entre 17 y 31°C, tiempo de

retención hidráulico (TRH) de 8 horas, caudal de ingreso a los filtros de 1.2mL/s y tuvo dos etapas. La primera, fue la etapa de arranque o puesta en marcha, periodo en el cual se va desarrollando el crecimiento de la población microbiana en los reactores hasta lograr su estabilidad. En la segunda etapa se determinó la eficiencia en la remoción de los parámetros antes mencionados. De la evaluación de los resultados se pudo apreciar que la tendencia para la mejor eficiencia de remoción fue lograda por el polipropileno, esto debido a que cada unidad de polipropileno ofrece mayor superficie para la formación de la película microbiana, con respecto a la grava, motivo por el cual las remociones de los filtros de polipropileno fueron mayores. Además, en esta etapa se pudo apreciar la tendencia de que los porcentajes de eficiencia de remoción habían alcanzados sus máximos niveles, motivo por el cual se procedió a realizar el purgado de los filtros. Después del purgado realizado en la segunda etapa se continuaron obteniendo resultados de eficiencia de remoción de cada uno de los parámetros de evaluación cuya tendencia no varió con respecto a los niveles máximos obtenidos antes del purgado. Además, en esta etapa se observó que durante los últimos 3 meses (diciembre a febrero) el sistema alcanzó sus picos de eficiencia, debido al incremento de temperatura, lo cual favoreció a la actividad microbiana. De la evaluación de los resultados de la eficiencia de remoción de cada uno de los parámetros en ambas etapas, se determina que los filtros anaerobios de polipropileno como medio filtrante tienen mayor eficiencia de remoción con respecto a los filtros anaerobios de grava como medio filtrante debido a que alcanzaron el 80,86% de eficiencia de remoción de

turbiedad, 61,79% de eficiencia de remoción de demanda biológica de oxígeno, 53,07% de eficiencia de remoción de demanda química de oxígeno, 64,10% de eficiencia de remoción de sólidos totales, 2,6 grados logarítmicos de eficiencia de remoción de coliformes totales, mientras que los filtros de grava como medio filtrante alcanzaron el 69,85% de eficiencia de remoción de turbiedad, 50,48% de eficiencia de remoción de demanda biológica de oxígeno, 42,12% de eficiencia de remoción de demanda química de oxígeno, 56,96% de eficiencia de remoción de sólidos totales y 1,8 grados logarítmicos de eficiencia de remoción de coliformes totales. (Ávila, 2017).

Un estudio realizado en el año 2018, “Determinación y mejoramiento de la eficiencia del sistema de tanque séptico y filtro biológico de la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Jivia – departamento de Huánuco”, donde la planta de tratamiento de aguas residuales de la Localidad de Jivia, es un sistema existente de fácil de operar y de bajo costo, sin embargo, el tratamiento de Tanque Séptico y Filtro Percolador por sí solo no puede alcanzar los estándares de calidad que exige la Ley General de Ambiente para el efluente de plantas de tratamiento de aguas residuales. La presente tesis muestra sobre “Determinación y Mejoramiento de la Eficiencia del Sistema de Tanque Séptico y Filtro Biológico de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de La Localidad De Jivia – Departamento de Huánuco”. La investigación surge por la necesidad de solucionar el problema de funcionamiento parcial de tanque séptico y no funcionamiento de filtro percolador, para lo que ha sido diseñado y construido, por ello se hizo funcionar el sistema con la

construcción de un tratamiento preliminar y con la mejora del filtro percolador, la limpieza y mantenimiento. Además, es importante conocer la configuración de los componentes, que tan eficiente son en la remoción de Sólidos Totales en Suspensión y Demanda Bioquímica de Oxígeno de la planta de tratamiento de agua residual de la Localidad de Jivia, para su correspondiente análisis en el laboratorio de la UNASAM, se realizó la caracterización del agua residual. Así como también de las unidades de T. Séptico y F. percolador, después de la mejora, limpieza y mantenimiento de los componentes de la planta de tratamiento, se funcionan correctamente; y para cumplir los objetivos de la investigación se determinó el análisis en el laboratorio, obteniendo los resultados favorables de la remoción de las concentraciones de la materia orgánica de 241 mg/l a 98 mg/l de DBO y 312 mg/l a 31 mg/l de SST, para el vertimiento de efluentes de las plantas de tratamiento de agua residual a cuerpos receptoras como indica según el límite máximo permisible. Se llega a concluir la configuración del sistema de tratamiento funciona correctamente y remueve los parámetros analizados, por esta razón se puede implementar este tipo de sistemas de tratamiento de AR para las zonas rurales en el Departamento de Huánuco. Para la realización de la presente investigación, se identificaron los problemas, oportunidades y objetivos que se presentan en la PTAR de la Localidad de Jivia y se determinaron los requerimientos, a través de encuestas, observación directa y revisión de documentos (Cerdea, 2018).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Sedimentador primario

Muchas plantas tienen una etapa de sedimentación donde el agua residual se pasa a través de grandes tanques circulares o rectangulares. Estos tanques son comúnmente llamados clarificadores primarios o tanques de sedimentación primarios. Los tanques son lo suficientemente grandes, tal que los sólidos fecales pueden situarse y el material flotante como la grasa y plásticos pueden levantarse hacia la superficie y desnatarse.

El propósito principal de la etapa primaria es producir generalmente un líquido homogéneo capaz de ser tratado biológicamente y unos fangos o lodos que puede ser tratado separadamente. (Almeyda, 2007)

2.2.2. Tratamiento secundario

El tratamiento secundario es designado para substancialmente degradar el contenido biológico de las aguas residuales que se derivan de la basura humana, basura de comida, jabones y detergentes. Para que sea efectivo el proceso biótico, requiere oxígeno y un substrato en el cual vivir. Hay un número de maneras en la cual esto está hecho. En todos estos métodos, las bacterias y los protozoarios consumen contaminantes orgánicos solubles biodegradables (por ejemplo: azúcares, grasas, moléculas de carbón orgánico, etc.) y unen muchas de las pocas fracciones solubles en partículas de flóculos.

Los sistemas de tratamiento secundario son clasificados como película fija o crecimiento suspendido. En los sistemas fijos de película (como los

filtros de roca) la biomasa crece en el medio y el agua residual pasa a través de él. En el sistema de crecimiento suspendido como fangos activos la biomasa está bien combinada con las aguas residuales. Típicamente, los sistemas fijos de película requieren superficies más pequeñas que para un sistema suspendido equivalente del crecimiento, sin embargo, los sistemas de crecimiento suspendido son más capaces ante choques en el cargamento biológico y provee cantidades más altas del retiro para el DBO y los sólidos suspendidos que sistemas fijados de película. (YUCRA, 2016).

El tratamiento secundario incluye la purificación de aguas residuales principalmente mediante la descomposición de la materia orgánica suspendida y disuelta por la acción microbiana. Existen varios procesos unitarios de tratamiento biológico disponibles, pero la mayoría puede clasificarse como tratamiento en el terreno, estanques o lagunas, lodos activados o métodos de filtración biológica, como filtros biológicos rotatorios de disco. (YUCRA, 2016).

2.2.3. El filtro percolador o biofiltro

El proceso de filtración a través de los filtros percoladores puede definirse como un sistema de lechos, compuesto en gran parte de materiales sintéticos o rocas de distintas variedades y formas de alta relación área/volumen sobre la cual son aplicadas las aguas residuales de manera continua o intermitente por medio de aspersores distribuidores ya sean fijos o móviles (YUCRA, 2016).

2.2.4. Medio filtrante

El medio filtrante en un filtro percolador puede estar formado por grava, escoria, carbón, pedacería de ladrillo, esferas de plástico o cualquier otra sustancia durable y resistente; sobre la cual se propicia la formación de una película gelatinosa (llamada zooglea) constituida por una población microbiana heterogénea cuya acción física y físico-química retiene la materia orgánica y se alimenta de ella. (Ecología, 1985)

El medio filtrante debe tener una relación de vacíos tal que permita su adecuada ventilación para proporcionar condiciones aeróbicas, por lo que se usan tamaños - de material comprendidos entre 2 y 4 pulgadas (5 a 10 cm) con una granulometría casi uniforme; y una profundidad que oscila entre 1 y 2 .5m; colocado de tal manera que el material más fino ocupe las posiciones superiores.

El medio filtrante ideal es aquel material que posea una elevada área superficial por unidad de volumen, que sea económico, duradero y que no se obstruya fácilmente. (Ecología, 1985)

El material más aconsejable por su economía suele ser la grava formada por roca volcánica triturada y clasificada por tamaños uniformes. Sin embargo, este material es, en la mayoría de los casos, sumamente pesado lo que involucra construir cimentaciones más profundas y costosas.

Respecto a la granulometría del medio, se puede decir que un material con un tamaño menor que 1 pulgada (2 .54 cm) no proporciona suficiente espacio de poros entré las piedras que permitan el flujo del agua residual,

y los sólidos que pudieran acarrear del tratamiento primario, darán como resultado una obstrucción más rápida del filtro; por otra parte las piedras con un tamaño mayor a 2 3/4 pulgadas (7 cm) evitan los taponamientos pero presentan un área superficial pequeña en relación a su volumen ; razón por la cual no pueden soportar una zooglea grande, bajando considerablemente la eficiencia de remoción del filtro. (Ecología, 1985).

2.2.5. Área del medio filtrante (m²)

Es esencial un área adecuada de superficie de los medios de soporte para que el proceso de la biopelícula pueda proporcionar una buena remoción de materia orgánica a través de tasas específicas de uso de sustrato, donde esta debe ir acompañada de la capacidad de transferencia de oxígeno. (Agua, 2019)

2.2.6. Profundidad del medio filtrante (m)

La profundidad del lecho varía en cada diseño particular, pero suele situarse entre 0,9 y 2,5 metros, con una profundidad media de 1,8 metros. Los olores que se producen como consecuencia de la descomposición anaerobia, generalmente, se pueden controlar manteniendo una profundidad mínima de agua de 1 m. En zonas extremadamente calurosas, se ha tenido que emplear profundidades de hasta 1.8 para eliminar los olores, especialmente los producidos por la formación de sulfuro de hidrógeno. (Metcalf & Eddy, 1995)

La profundidad del medio filtrante, es variable de acuerdo al diseño y tipo de fide filtro. La selección del medio filtrante, dependerá en gran medida de las características del desecho, si tiene altas o bajas cargas orgánicas.

El medio filtrante reviste una gran importancia, ya que es el soporte u medio ambiente de la flora y fauna biológica que realiza el trabajo de depuración de las aguas servidas. (Leon, 1995)

Mientras que los lechos rellenos de roca, Clinker u otros materiales similares, no pueden sobrepasar profundidades de 1 a 2.5 m. los lechos de materiales sintéticos pueden soportar profundidades entre 6-12 m. (Ramalho R. S., 1983).

2.2.7. Carbón vegetal

Las propiedades descritas hasta ahora son consideradas como propiedades químicas, pero las propiedades físicas, especialmente para el carbón vegetal industrial, no son menos importantes.

La Capacidad de absorción del carbón vegetal es una importante materia prima para el carbón activado... Tal como es producido, el normal carbón vegetal de madera no es un material muy activo para la absorción de los líquidos o de los vapores, puesto que su fina estructura está bloqueada por residuos alquitranados. (FAO., 1983)

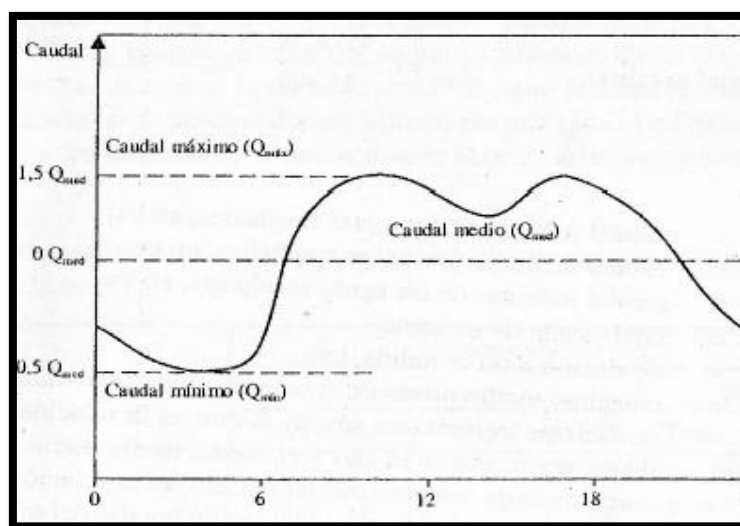
Este material muy eficaz en su trabajo, utilizado principalmente para eliminación de cloro y compuestos orgánicos en el agua; elimina el color y olor, bacterias y suciedades presentes en el agua. El filtro de carbón funciona principalmente por el proceso de adsorción. La adsorción significa una interacción superficial entre las especies disueltas y el carbón, sin embargo, en el tratamiento de aguas contaminantes las especies disueltas están difusas en los poros de carbón (absorción) donde se unen a las superficies de carbón (adsorción). La porosidad y el área superficial grande de carbón proporcionan una multitud de sitios

reactivos para la unión de compuestos disueltos. En estos sitios reactivos se pueden unir los compuestos orgánicos disueltos no problemáticos, así como pueden ser dirigidos los contaminantes peligrosos. (Jiménez, 2016).

2.2.8. Caudal de operación (m³/día)

Para los diseños de los sistemas de aguas residuales es de suma importancia la estimación de los caudales mínimos, medios y máximos, los cuales son determinados mediante múltiples métodos de procesamiento de datos de campo, entre ellas podemos hacer mención del método volumétrico (Mendonca, 2000)

Figura 1 Variación horaria típica de las aguas residuales



Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995)

2.2.9. Carga hidráulica

La carga hidráulica se define como el gasto aplicado por unidad de superficie. Las unidades usuales en el sistema decimal son m² de agua aplicados por m de superficie del medio de soporte por día (m³/M² d). (CONAGUA, 2019)

2.2.9.1 Filtros de baja carga

Los filtros de baja carga son de diseño simple con funcionamiento confiable, que producen un efluente de calidad consistente, a pesar de que el afluente tenga concentración variable.

Pueden ser circulares o cuadrados. Normalmente no requieren recirculación, pero si el gasto nocturno es muy bajo, puede utilizarse recirculación para mantener húmedo el medio de soporte. El máximo periodo aconsejable para que el medio quede sin rociar es de 2 h, para evitar deterioro del cultivo biológico.

En la mayoría de este tipo de filtros, en la parte superior (0.6 a 1.20 m) únicamente se desarrolla el cultivo biológico, y en la parte inferior abundan bacterias nitrificantes. Esta combinación de cultivos en un filtro bien operado, en condiciones climáticas favorables, ogra la calidad de un efluente con baja DBO y nitrificado.

Los problemas que se presentan en estos filtros son; presencia de olores que se acentúa con afluentes sépticos, y la presencia de moscas que pueden proliferar si no se aplican medidas de control. (CONAGUA, 2019)

2.2.9.2 Filtros intermedios y de alta carga

Al recircular el agua residual, se admiten cargas orgánicas mayores a las tratadas en filtros estándar, logrando la misma remoción, además previenen enlagueamientos y se disminuyen las molestias causadas por la generación de olores y la presencia de moscas.

2.2.9.3 Filtros de súper alta carga

Aceptan cargas orgánicas e hidráulicas mayores que los tipos anteriores, debido principalmente a la mayor profundidad del medio de soporte. La gran altura es posible por el empleo de módulos de medios plásticos que son muy ligeros.

Tabla 1 Información general sobre el diseño de filtros percoladores

Característica	Baja	Carga		
		Intermedia	Alta	Super alta
Medio de soporte	Roca, escoria	Roca, escoria	Roca, plástico	Plástico
Carga hidráulica, $m^3/(m^2 d)$	1 - 4	4 - 10	4 - 10	40 - 200
Carga orgánica $kg DBO/(m^3 d)$	0.08 - 0.32	0.24 - 0.48	0.32 - 10	0.8 - 0.6
Profundidad, m	1.8 - 2.4	1.8 - 2.4	0.90 - 1.80	3 - 12
Relación de recirculación	0	0-1	1-2	0 - 2
Presencia de moscas	Muchas	Varias	Pocas	Pocas o ninguna
Desprendimiento de biomasa	Intermitente	Intermitente	Continuo	Continuo
Remoción de DBO	80-90	50-70	65-85	65-85
Efluente	Bien nitrificado	Parcialmente nitrificado	Poca nitrificación	Poca nitrificación

Datos tomados de (CONAGUA, 2019)

Las principales propiedades o características de los medios filtrantes son el área superficial específica (área superficial/unidad de volumen) y el porcentaje de espacios vacíos. A mayor área superficial específica, mayor cantidad de masa biológica por unidad de volumen. El incremento de espacios vacíos permite mayor carga hidráulica y mejora la transferencia de oxígeno, la mejora en el proceso por estos conceptos se obtiene al utilizar medios plásticos con mayores valores de los parámetros mencionados.

Así, los valores de 88 a 105 m²/m³ de área superficial específica son recomendables para remover DBO de 135 a 150 m²/m³ y nitrificar.

El efecto de la altura del medio de soporte sobre el funcionamiento del filtro percolador es un tema de controversia. Lo que si se ha detectado es que, a mayor profundidad del medio, existe mayor distribución de la carga hidráulica, lo que mejora el proceso. Así, un estudio indica que la carga hidráulica promedio mínima, será de 0. 51 L/m² s para asegurar un funcionamiento máximo. (CONAGUA, 2019)

Según la norma de Obras de Saneamiento (OS 0.90): Para la selección de los procesos de tratamiento de las aguas residuales se usará como guía los valores del cuadro siguiente:

Tabla 2 Procesos de tratamiento

Proceso de tratamiento	Remoción (%)		Remoción (ciclos log ₁₀)	
	DBO	Sólidos en suspensión	Bacterias	Helminos
Sedimentación primaria	25-30	40-70	0-1	0-1
Lodos activados (a)	70-95	70-95	0-2	0-1
Filtros percoladores (a)	50-90	70-90	0-2	0-1
Lagunas aeradas (b)	80-90	(c)	1-2	0-1
Zanjas de oxidación (d)	70-95	80-95	1-2	0-1
Lagunas de estabilización (e)	70-85	(c)	1-6	1-4

(a) precedidos y seguidos de sedimentación

Fuente: (RNE, 2006).

Los filtros percoladores deberán diseñarse de modo que se reduzca al mínimo la utilización de equipo mecánico. Para ello se preferirá las siguientes opciones: lechos de piedra, distribución del efluente primario

(tratado en tanques Imhoff) por medio de boquillas o mecanismos de brazo giratorios autopropulsados, sedimentadores secundarios sin mecanismos de barrido (con tolvas de lodos) y retorno del lodo secundario al tratamiento primario, siendo estimaciones de eficiencia de tratamientos secundarios. (RNE, 2006).

2.2.9.4 Factores que afectan el diseño

Existen numerosas variables que afectan al rendimiento del FP y, por lo tanto, su diseño. Muchas de estas variables se han estudiado y en algunos casos se han establecido relaciones claras y fiables. En otros casos, las dificultades para controlar varias variables interdependientes, que no estaban siendo evaluadas o reportadas, han hecho imposible llegar a conclusiones definitivas en cuanto a sus efectos individuales sobre el rendimiento del filtro percolador. (CONAGUA, 2019)

2.2.10. Demanda bioquímica de oxígeno

La medida indirecta del contenido de la materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un período de cinco días y una temperatura de veinte grados Celsius. (CÁCERES, 2010)

Hace referencia a la cantidad de oxígeno requerido para la respiración de los microorganismos responsables de la estabilización (oxidación) de la materia orgánica a través de su actividad metabólica en medio aerobio. Así mismo, representa indirectamente una medida de la concentración de materia orgánica biodegradable contenida en el efluente. (YUCRA, 2016).

La DBO5 es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable; bajo condiciones aerobias, en un período de cinco días y a 20 °C; por lo que se convierte en el ensayo más importante para determinar la concentración de la materia orgánica en aguas residuales. (YUCRA, 2016).

2.2.11. Carga orgánica

La carga orgánica se define como el peso de la materia orgánica biodegradable, medida como la Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días (DBO) y 20°C, aplicada por unidad de volumen de medio de soporte por día.

Las unidades usuales en el sistema decimal son Kg de DBO aplicados por m³por día (Kg DBO/m³d). (Agua, 2019).

2.2.12. Conductividad

La conductividad eléctrica en el agua es la capacidad para transportar una corriente eléctrica, la cual depende directamente de la presencia de iones de las soluciones ácidas o básicas en el agua. En la mayoría de soluciones acuosas cuanto mayor es la concentración de las sales disueltas, mayor es su conductividad eléctrica. (Ladino et al., 2016)

2.2.13. Sólidos totales

Se define el contenido de sólidos totales a la materia que se obtiene como residuos después de someter al agua a un proceso de evaporación de 103-105°C.

Los sólidos sedimentables son una medida de sólidos asentados al fondo de un cono Imhoff en un periodo de una hora y representa la cantidad de lodo removible en la sedimentación primaria; se expresa en ml/lt/hora.

Los sólidos disueltos representan el material soluble y coloidal, el cual requiere para su remoción oxidación biológica, o coagulación y sedimentación. Los sólidos suspendidos no disueltos constituyen la diferencia entre sólidos totales de la muestra no filtrada y los sólidos de la muestra filtrada.

Los SDT incluyen las sales, los minerales, los metales y cualquier otro compuesto orgánico o inorgánico menor a 1,5 micras o que se disuelve en el agua. (Ladino et al., 2016).

Los sólidos volátiles representan la fracción orgánica de los sólidos, los cuales se volatilizan a temperatura de 550 ± 50 °C. los residuos de calcinación se conocen como sólidos fijos y constituyen la porción inorgánica o mineral de los sólidos. (Almeyda, 2007)

2.2.14. PH

Medida de la concentración de ion hidrogeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar de ion hidrogeno. Agua residual en concentración adversa del ion hidrogeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos. (Rojas, 1999)

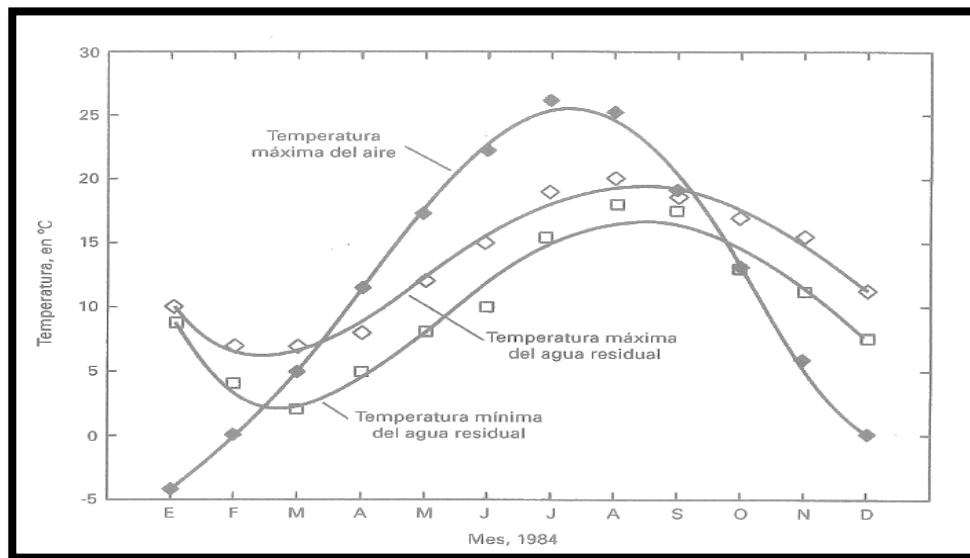
El pH del medio ambiente también constituye un factor clave en el crecimiento de los organismos. La mayoría de las bacterias no toleran niveles de pH por debajo de 4.0 ni superiores a 9.5. En general, el pH

óptimo para el crecimiento bacteriano se sitúa entre 6.5 y 7.5. (Metcalf &Eddy, 1995)

2.2.15. Temperatura (°C)

La temperatura del agua es un parámetro muy importante dada su influencia, tanto sobre el desarrollo de la actividad microbiana.

Figura 2 Variaciones mensuales típicas de la temperatura en el agua residual.



(Metcalf &Eddy, 1995, pág. 417)

La temperatura del agua residual es un parámetro muy importante, debido a que el oxígeno es menos soluble en agua caliente que en agua fría, por el aumento en las velocidades de las reacciones químicas. Además, las temperaturas anormalmente elevadas pueden dar lugar a una indeseada proliferación de plantas acuáticas y hongos. La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana se sitúa entre los 25° y los 35° C. (Mendonca, 2000)

Según estudios (España et al, 2017), “la temperatura influye notablemente en la calidad del efluente de los filtros biológicos, de acuerdo a las

experiencias de estudios observados a filtros percoladores operando en condiciones reales, se pueden citar las siguientes conclusiones: La eficiencia de los sistemas es más baja en invierno, a comparación del verano. La eficiencia de los sistemas que trabajan sin recirculación se vio afectados negativamente cuando la temperatura del agua residual y del aire era casi iguales”.

2.2.16. Maduración en los filtros

La maduración en los filtros se refiere a la edad del desarrollo microbiológico de la biomenbrana y del medio filtrante, generalmente cuantificado por reducción en la calidad efluente, mediante término de turbiedad y contenido bacterial. Otros indicadores de maduración propuesto por (Droste, 1997) incluye también, reducción de color, oxígeno disuelto y pH en el efluente del filtro al compararse con el afluente.

Varios estudios han reportado que tales periodos de maduración evidentemente existen. En entendimiento del por qué y de cómo exactamente ocurren los periodos de maduración, aun no es claro, una de las hipótesis más aceptada hace referencia a que una biomenbrana completamente desarrollada es requerida antes de alcanzar la máxima eficiencia de filtración; además, durante el periodo de maduración, la biomasa está en formación y mientras se estabiliza, muchas partículas y microorganismos tienen mayor probabilidad de viajar hacia el interior del medio filtrante e incluso salir en el efluente tratado, incrementado así, el riesgo sanitario. (Gerardo, 2001)

2.3. Definición de términos básicos

➤ Aguas Residuales

Son aquellas aguas resultantes del uso municipal, industrial, comercial y agrícola cuya calidad fue afectada. (Jiménez, 2016)

➤ Filtros de grava

Son aquellos cuyas aberturas en el sistema de desagües, son más grandes que en el medio del filtro, por lo que requieren capas de grava para que éste, entre y bloquee el sistema de desagües, y ayude a distribuir el agua del enjuague. (Jiménez, 2016)

➤ Ceniza de Carbón Vegetal

La ceniza de carbón vegetal se consigue gracias a la ebullición de la madera contiene carbonato de sodio y carbonato de potasio. (Jiménez, 2016)

➤ Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Demanda Biológica de Oxígeno, el DBO de un líquido es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Mientras mayor cantidad de materia orgánica contiene la muestra, más oxígeno necesita sus microorganismos para degradarla (Jiménez, 2016)

➤ Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

La medida indirecta del contenido de materia orgánica en aguas residuales, que se determina por la cantidad de oxígeno utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica biodegradable durante un periodo de cinco días y una temperatura de veinte grados Celsius. (Almeyda, 2007)

➤ **Sólidos totales**

Los sólidos totales son aquellos sólidos que se determinan pesando el residuo de una cantidad conocida de agua, muestra representativa, que se ha sometido previamente a la evaporación y secado (103°C, por una hora). (Almeyda, 2007)

➤ **Afluente**

Agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o Proceso de tratamiento. (RNE, 2006)

➤ **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. (RNE, 2006)

➤ **Efluente final**

Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales. (RNE, 2006).

III. **Marco Metodológico**

3.1. **Tipo de Investigación**

Según su finalidad: La investigación será aplicada ya que se refiere al estudio y la investigación científica que busca resolver problemas prácticos. Su objetivo por tanto será encontrar conocimientos que se puedan aplicar para resolver problemas. (Hernández et al., 2018)

Según la profundidad u objeto: La investigación será experimental ya que será objetiva, sistemática y controlada con el propósito de predecir

y controlar los fenómenos y así examinar la probabilidad y causalidad entre las variables seleccionadas. (Hernández et al., 2018)

Según el periodo temporal en que se realiza: Será longitudinal, ya que tendremos problemas de investigación que involucra tendencias, cambios o desarrollos a través del tiempo. (Hernández et al., 2018)

Nivel de investigación: Será correlacional ya que se tiene un propósito conocer la relación que existe entre las eficiencias de los diferentes filtros percoladores.

En este nivel de investigación su objetivo se orientará en justificar por qué sucede un hecho, bajo qué condiciones se manifiesta y la relación que pudiera existir entre las variables. (Roberto Hernandez- Sampieri et al., 2014)

Según el carácter de la medida: La investigación es cuantitativo debido a que el estudio se dará en base a un conjunto de procesos de manera secuencial y de forma probatoria; se revisó la literatura y se construyó el marco teórico. De las preguntas se establecieron la hipótesis y las variables; luego se planteó un diseño de investigación; el cual podrá permitir la medición de las variables dentro de un contexto; posteriormente se analizarán las mediciones utilizando métodos estadísticos; y se establecerá una serie de conclusiones respecto a la hipótesis. (Hernández et al., 2018)

Según el marco en que tiene lugar: En la literatura sobre la investigación se distinguen dos contextos generales en los que se

realizaran: experimentos de laboratorio y experimentos de campo. (Hernández et al., 2018)

3.2. Diseño de Investigación

Será una serie de pruebas experimentales, teniendo como grupo de control el filtro percolador con grava, con cambios experimentales en las variables independientes, es decir: los filtros percoladores, para obtener diferentes resultados de eficiencia en los filtros percoladores en la localidad de Tuyururi - Carhuaz 2019.

Al ser un diseño de investigación para un nivel de investigación correlacional, se desarrollará una hipótesis de causalidad, donde el análisis estadístico es el punto de partida y de acuerdo al tipo de objetivo general definido el diseño de investigación se utilizará el método estadístico de diseño de bloques completos al azar.

El bloque 01, 02, 03 corresponden a las diferentes cargas orgánicas de las aguas residuales domésticas provenientes del efluente de sedimentadores primarios 01,02, 03 respectivamente.

En cada bloque, se tendrá 03 unidades de análisis (G). Uno de las unidades de análisis no tendrá el tratamiento (X), es decir estará en ausencia de carbón vegetal en su reemplazo se tendrá grava como medio filtrante; en las unidades de análisis restantes se tendrá el tratamiento (X) mediante carbón vegetal, y con carga hidráulica distinta. La investigación como muestra el cuadro.

Tabla 3 Diseño de investigación

DISEÑO DE BLOQUES COMPLETOS AL AZAR	BLOQUE 01 (CARGA ORGANICA 01)	Unidad de análisis (G)	$G_1: M_1 X_1 M_2, M_3, \dots, M_n$
		Tratamiento (X)	$G_2: M_1 X_2 M_2, M_3, \dots, M_n$
		Medición (M)	$G_4: M_1 \dots M_2, M_3, \dots, M_n$
	BLOQUE 02 (CARGA ORGANICA 02)	Unidad de análisis (G)	$G_1: M_1 X_1 M_2, M_3, \dots, M_n$
		Tratamiento (X)	$G_2: M_1 X_2 M_2, M_3, \dots, M_n$
		Medición (M)	$G_4: M_1 \dots M_2, M_3, \dots, M_n$
	BLOQUE 03 (CARGA ORGANICA 03)	Unidad de análisis (G)	$G_1: M_1 X_1 M_2, M_3, \dots, M_n$
		Tratamiento (X)	$G_2: M_1 X_2 M_2, M_3, \dots, M_n$
		Medición (M)	$G_4: M_1 \dots M_2, M_3, \dots, M_n$

3.3. Metodología

Para el desarrollo de investigación se siguió una secuencia ordenada de etapas:

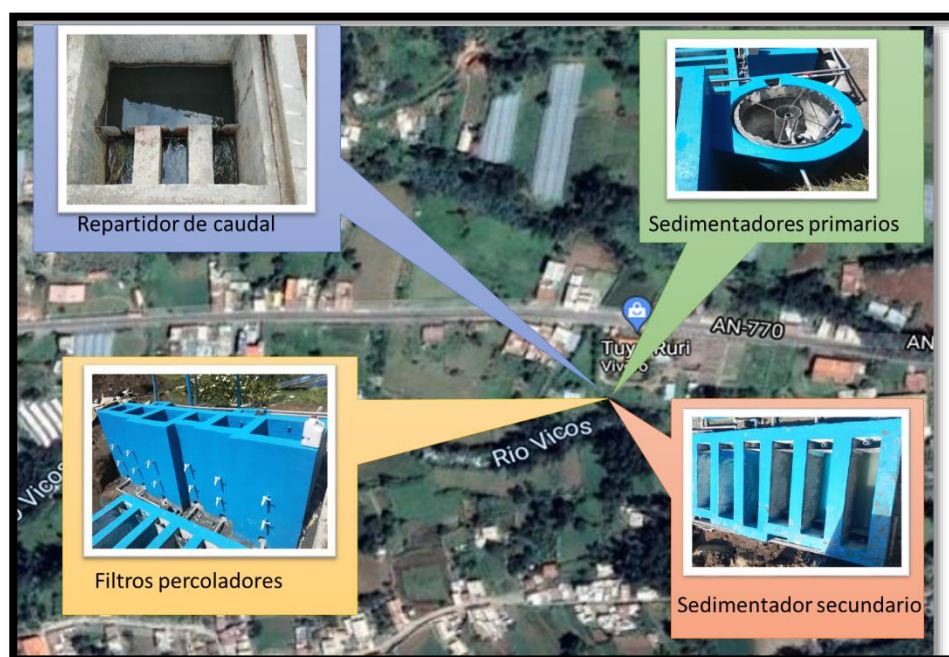
3.3.1. Etapa de diseño de los filtros percoladores con medio

filtrante de grava y carbón vegetal.

3.3.1.1. Ubicación del sistema

El proyecto de investigación se llevó a cabo en la localidad de Tuyururi – Marcara en los terrenos del centro experimental de Tuyururi de la Facultad de Ciencia del ambiente.

Figura 3 Ubicación de las unidades de tratamiento de las aguas residuales.



Coordenadas de la ubicación de la Planta Piloto de Tratamiento de aguas residuales con filtro percolador:

Área de estudio	Coordenada Este	Coordenada Norte	Altitud (m.s.n.m.)
Planta Piloto de Tratamiento de aguas residuales con filtro percolador	214628	89845.1	2773

3.3.2. Etapa de descripción general del sistema

3.3.2.1. Tratamiento preliminar:

Los componentes de gran y mediano volumen que estén en suspensión o flotantes en el agua residual circulante; como ramas, piedras, plásticos, trapos, papeles entre otros, son retenidos en una reja, la cual posee barras de fierro corrugado de ½" de espesor instaladas en el buzón de la entrada de vivero de tuyururi y a unos 25 m de distancia de encuentra un repartidor de caudal de forma triangular de 30 cm d ancho y

una altura de 10 cm repartido en 3 partes iguales diseñado para que ingrese aproximadamente 1 /s a los diferentes sedimentadores primarios.

3.3.2.2. Tratamiento primario

Es la primera unidad de tratamiento de la planta, que tiene la función de retención de partículas sedimentables, para evitar obstrucción del sistema. Los componentes primarios están conformados por un tanque Dortmund con un diámetro de 0.8m de diámetro y con una profundidad de 1.12 m y con una tolva en la parte inferior con un ángulo de inclinación de 60° y en la parte superior un canal de recolección con vertederos triangulares y un tanque Imhoff a su costado con una dimensión de largo de 1.14 m y ancho 1.02 m y una profundidad de 1.37 m y un tanque séptico todos ellos con un ingreso y salida de una tubería de PVC de 1”

3.3.2.3. Tratamiento secundario

El líquido contenido en el tanque Dortmund y el tanque Imhoff experimenta transformaciones bioquímicas en condiciones anaerobias, con tasas bajas de reducción de contaminantes (con un número elevado de agentes patógenos), por ende, debido a ello es necesario someter al efluente a un tratamiento secundario, que contemple la aplicación de la tecnología de filtros percoladores y reducir la mayor concentración de contaminantes, de tal manera estabilizar la materia orgánica presente en el agua residual cruda, en condiciones aeróbicas.

3.3.2.4. Caudal de diseño

Para la operación de dicha tecnología fue necesario captar un caudal del efluente de sedimentadores primarios de 0.0177 l/s, el cual fue

derivado por gravedad y a partir de esta se reguló mediante un repartidor de caudal para ser distribuida a 3 filtros y por tener un caudal de trabajo de $Q = 0.0057$ L/s para cada filtro.

3.3.2.5. Filtros percoladores

Para el trabajo de investigación se tomaron 09 filtros para realizar la investigación 6 con medio filtrante de carbón vegetal y 3 con medio de filtrante de grava y las dimensiones y características se especifican en el siguiente cuadro.

Tabla 4 Dimensiones físicas del filtro percolador.

Filtros	A útil (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Volumen (m ³)	Medio Filtrante	Afluente proveniente del sedimentador
Filtro 01	1	0.35	0.35	0.12	Carbón Vegetal	Tanque Dortmund
Filtro 02	1	0.4	0.4	0.16	Carbón Vegetal	Tanque Dortmund
Filtro 03	1	0.5	0.5	0.25	Carbón Vegetal	Tanque Dortmund
Filtro 04	1	0.35	0.35	0.12	Carbón Vegetal	Tanques Imhoff
Filtro 05	1	0.4	0.4	0.16	Carbón Vegetal	Tanques Imhoff
Filtro 06	1	0.5	0.5	0.25	Carbón Vegetal	Tanques Imhoff
Filtro 07	1	0.5	0.5	0.25	Grava	Tanque Séptico
Filtro 08	1	0.4	0.4	0.16	Grava	Tanque Séptico
Filtro 09	1	0.35	0.35	0.12	Grava	Tanque Séptico

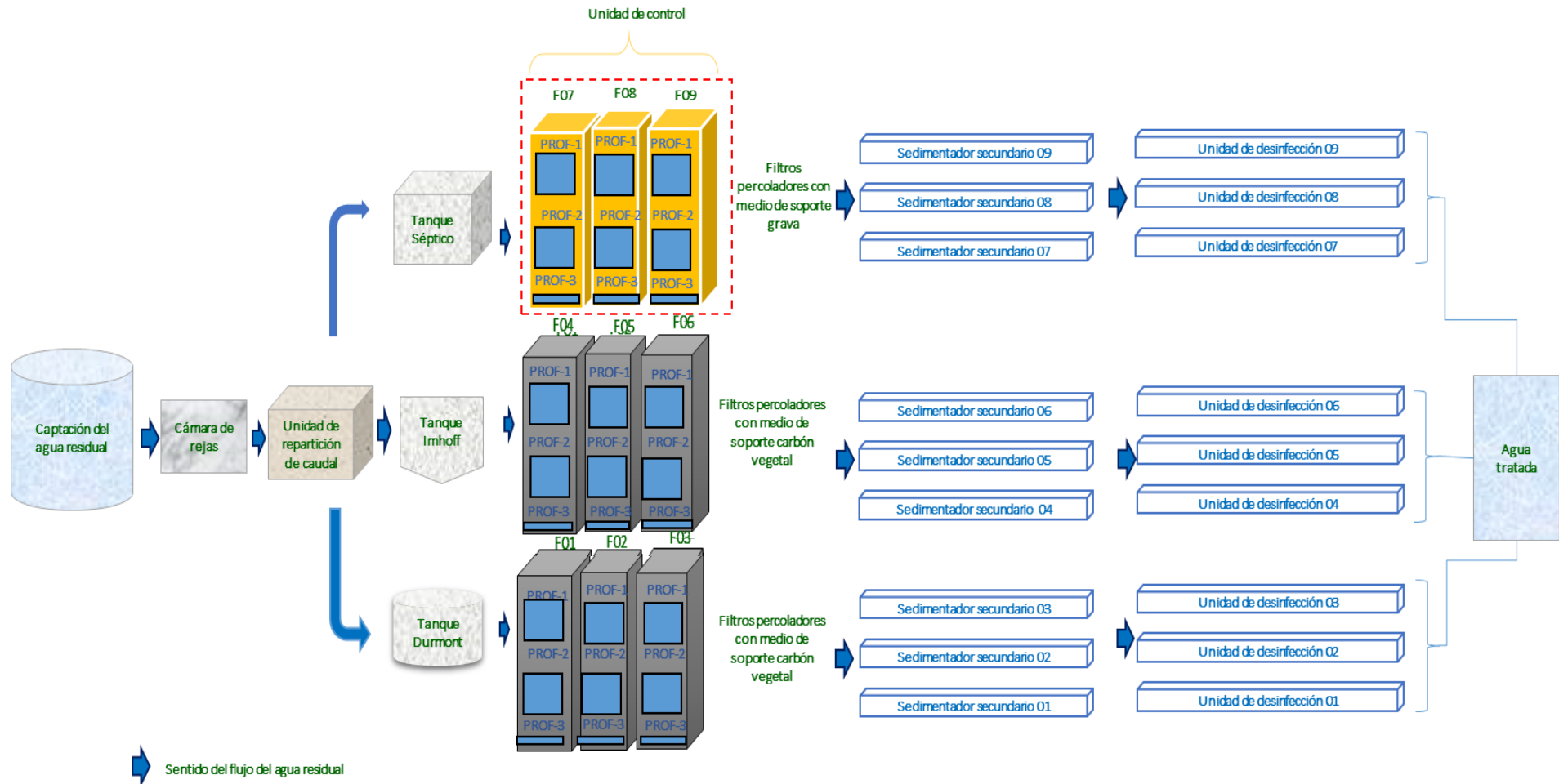
Relación altura/ remoción de DBO: se presenta una altura optima tal que remueve el porcentaje deseado de un determinado parámetro, si se utiliza

una altura menor a la altura optima no se logra la eficiencia deseada y si se utiliza una altura mayor que no aumente la eficiencia significativamente del tratamiento; entonces se estaría sobredimensionando el sistema. Para los sistemas de estudio se optó por una altura de 1 m.

Tabla 5 Tiempo de Retención hidráulico en el filtro percolador.

Filtros	A útil (m)	Ancho (m)	Largo (m)	Volumen (m ³)	Caudal (m ³ /h)	THR
Filtro 01	1	0.35	0.35	0.12	0.02052	5.85
Filtro 02	1	0.4	0.4	0.16	0.02052	7.80
Filtro 03	1	0.5	0.5	0.25	0.02052	12.18
Filtro 04	1	0.35	0.35	0.12	0.02052	5.85
Filtro 05	1	0.4	0.4	0.16	0.02052	7.80
Filtro 06	1	0.5	0.5	0.25	0.02052	12.18
Filtro 07	1	0.5	0.5	0.25	0.02052	12.18
Filtro 08	1	0.4	0.4	0.16	0.02052	7.80
Filtro 09	1	0.35	0.35	0.12	0.02052	5.85

Figura 4 Tren de procesos del sistema de tratamiento.



3.3.3. Etapa de construcción de los filtros percoladores.



Se realizó el trazo y replanteo para la construcción de los 6 filtros con medio filtrante de carbón vegetal y 3 filtros con medio filtrante de grava



Posteriormente se realizó el vaciado de concreto para la base de los filtros cada una de ellas con una tolva en la parte baja de 1 % de pendiente para la recolección de agua filtrada.



Luego se realizó el asentamiento de ladrillo para cada filtro de acuerdo a las dimensiones que se indican en el plano.



Finalmente se realizó el tarrajeo de los filtros y la instalación de los vertederos y conexiones de las tuberías de entrada y salida del filtro

3.3.4. Etapa de instalación de unidades operacionales del sistema.

3.3.4.1. Selección del medio filtrante

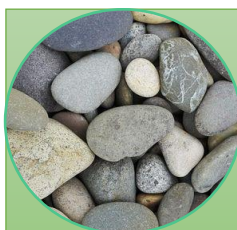
El carbón vegetal empleado en esta investigación como medio filtrante proviene de árboles de eucaliptos de la zona de Marcará, y el medio filtrante de grava proviene de una cantera.

El carbón vegetal con densidad 0.58 gr/cm^3 y para la grava una densidad de 1.590 gr/cm^3 . El diámetro del material filtrante fue de (2") ya que debe presentar una relación de vacíos tal que permita una adecuada

ventilación para proporcionar condiciones aeróbicas. Se sabe bien que diámetros menores a 1” darán como resultado una obstrucción más rápida al filtro y diámetros mayores a 4 “evitan los taponamientos, pero presenta un área superficial pequeña en la relación a su volumen, que no pueden soportar una zooglea grande, bajando considerablemente la eficiencia de remoción del filtro.



Se escogió un medio filtrante de carbón vegetal proveniente de un eucalipto de la zona y luego se tamizo para obtener un tamaño homogéneo ver tabla.



Se escogió un medio filtrante de grava y luego se tamizo para obtener un tamaño homogéneo ver tabla.



Luego se realizó el lavado de ambos medios filtrantes, para la eliminación de limos y escorias, posteriormente se dejó secar.

El tamaño del medio de soporte de carbón vegetal y la grava para el proyecto fue: Ver tabla:

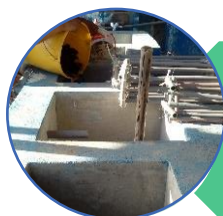
Tabla 6 Dimensiones del medio de soporte.

CARBON VEGETAL				
N° de veces	Largo(cm)	Ancho(cm)	Altura (cm)	Peso(gr)
1	3.50	2.3	1.20	5.6633
2	3.20	2.8	1.40	7.7430
3	2.50	3.2	2.00	9.2450
Promedio	3.07	2.77	1.53	7.5504
PIEDRA				
N° de veces	Largo(cm)	Ancho(cm)	Altura (cm)	Peso(gr)
1	3.50	4.0	2.00	33.5825
2	3.50	2.5	1.10	18.1023
3	3.50	3.0	1.00	21.0445
Promedio	3.50	3.17	1.37	24.2431

3.3.4.2. Colocación de la estructura de toma de muestra y medio de soporte en cada filtro percolador.



colocacion de los vertederos hechos de plancha galvanizada con ancho de 15 cm y 5 cm de alto partido en 3 partes con angulo de inclinacion de 60° cada vertedero.



colacion de una malla para soportar el medio filtrante para luego ser llenado 10 cm de graba y posteriormente llenar el carbon vegetal hazta obtener una altura ulti de 1.0 m.



Instalacion de las tuberias de distribucion para cada filtro y la tuberia de salida para la toma de muestra.

Criterios de diseño: Como primer paso para el diseño del sistema de filtros percoladores se tuvo en cuenta la caracterización del agua residual a tratar, determinando mediante ella la concentración de los parámetros a analizar, se realizó la medición del caudal de operación para el sistema de tratamiento.

Caudal de operación:

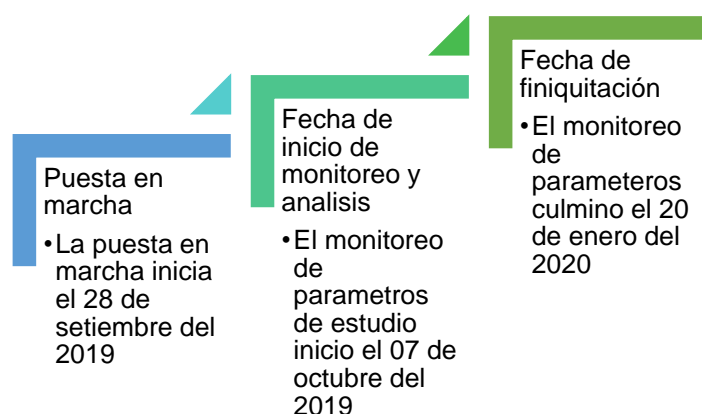
El sistema de filtros percoladores a escala piloto, operó con un caudal promedio de 0.0057 l/s, determinándose ésta mediante técnicas de campo (método volumétrico).

3.3.5. Etapa de monitoreo

3.3.5.1. Periodos del proyecto de investigación

La puesta en marcha del sistema de filtros de filtros percoladores a escala piloto se inició el día 28 de setiembre del 2019, después de 7 días de adaptación se inició con el monitoreo de los parámetros de control y parámetros analizados por el laboratorio, durante el período de adaptación se presentaron deficiencias en cuanto al funcionamiento correcto del prototipo, para lo cual se realizó mejoras en dicho periodo.

Figura 5 Etapas del proyecto de investigación.



3.3.5.2. Puntos de monitoreo:

Para la selección de los puntos de monitoreo de los parámetros de control de medidos en campo y los parámetros de análisis en el laboratorio se consideró 02 puntos de monitoreo:

- Afluente: Se tomó en el vertedero de cada filtro correspondiente.
- Efluente: Se tomó en la tubería de salida de 1" de diámetro de cada filtro.

3.3.5.3. Parámetros analizados en laboratorio y campo:

Para la caracterización del agua residual el tipo de muestreo utilizado fue un muestreo simple pues dicha muestra representa la composición del agua residual para el lugar, tiempo y circunstancias particulares en las que se realizó el muestreo, se realizó a la entrada y salida de cada filtro percolador, tanto para los parámetros de control medidos en campo y para los parámetros analizados en el laboratorio.

Para la recolección de las muestras analizadas en el laboratorio de Tuyururi con un personal especializado.

Toma de muestra

Se utilizó 9 frascos de un 1 Lt de plástico (para las muestras de los análisis fisicoquímicos e indicadores de contaminación bioquímica), se homogenizo la muestra, se rotulo cada una de ella con los parámetros a analizar y se llevó inmediatamente al laboratorio de tuyururi para su análisis inmediata.

Medición de los parámetros de campo:

Los parámetros de diseño, control y parámetros analizados en el laboratorio, considerados en el proyecto de investigación fueron los siguientes:

parámetros evaluados:

El caudal: La determinación del caudal de operación se realizó mediante el método volumétrico.

PH y Temperatura del agua residual: El monitoreo del pH y de la temperatura del agua residual se realizó en la entra y salida de los filtros percoladores se utilizó un equipo de medición de pH y temperatura (pH metro edge de HANNA instruments).

Conductividad: El monitoreo de conductividad se realizó con el equipo Medidor de pH/CE/Salinidad/TDS/ORP/Temper.



pH metro edge de HANNA y Medidor de pH/CE/Salinidad/TDS/ORP/Temperatur a EZDO – 7200.

Medición de los parámetros en laboratorio:

Sólidos disueltos Totales

En soluciones acuosas la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por lo tanto, cuanto mayor sea dicha concentración, mayor será la conductividad.

La relación entre conductividad y sólidos disueltos se expresa, dependiendo de las aplicaciones, con una buena aproximación por la siguiente igualdad:

$1,4 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm}$ o $2 \mu\text{S}/\text{cm} = 1 \text{ ppm}$ (mg/l de CaCO_3) (HANNA, 2019)

Para ello la medición de sólidos disueltos totales se utilizó esta relación por motivos de económicos.

Demanda bioquímica de oxígeno

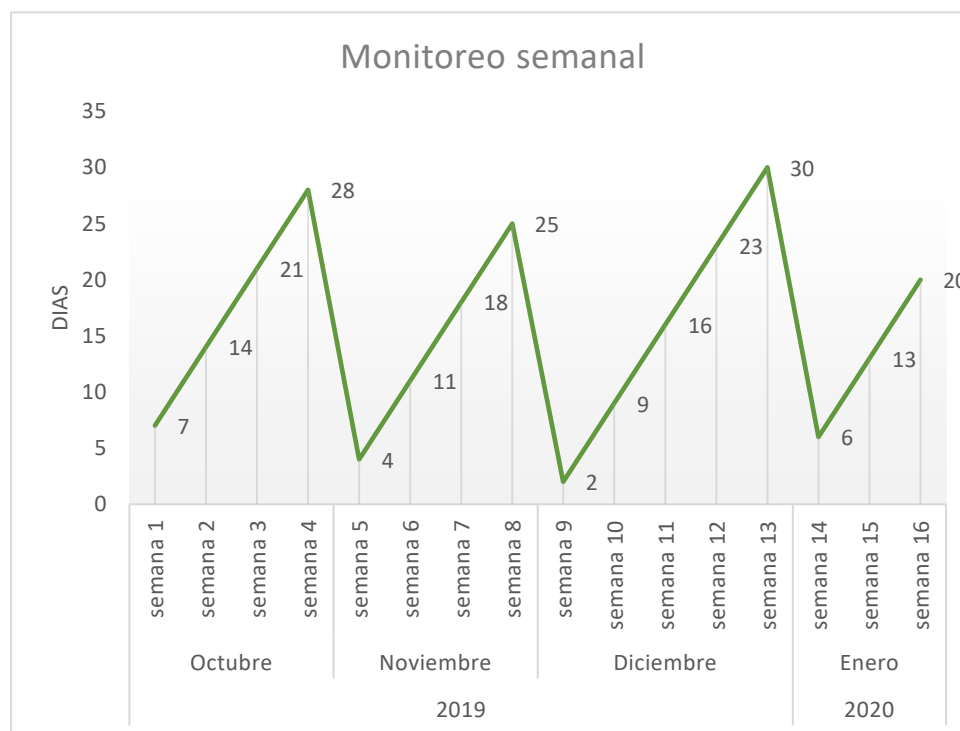
La demanda bioquímica de oxígeno fue analizada en el laboratorio de Calidad Ambiental de la UNASAM, el método empleado para su análisis fue el APHA 5210 B (*).

(*) Método que no ha sido acreditado por el INACAL – DA.

Frecuencia de monitoreo:

- Los parámetros de campo: PH, Temperatura, conductividad y caudal se monitorearon semanalmente.
- El parámetro de estudio: La demanda bioquímica de oxígeno y los SDT se relacionó con la conductividad y se realizó semanalmente.

Figura 6 Frecuencia de monitoreo.



Etapa de procesamiento y análisis de datos

Se hizo la recopilación de la información y los datos obtenidos de la investigación, para su posterior análisis e interpretación.

3.3.6. Métodos o técnicas

Técnicas: Las dos las técnicas que se están planteando para el desarrollo de la investigación:

- Los datos se obtienen por observación. Se utilizan instrumentos que han demostrado ser válidos y confiables en estudios previos o se generan nuevos basados en la revisión de la literatura y se prueban y ajustan.
- Pruebas estandarizadas, se aplicarán ya que tienen un conjunto de instrumentos y procedimientos que ya están estandarizados. (Hernández et al., 2018)

- **Instrumentos de recolección:**

Tabla 7 Técnicas e instrumentos de recolección de Datos.

VARIABLES INDEPENDIENTES	INDICADOR	TECNICAS DE RECOLECCION	INSTRUMENTOS DE RECOLECCION
MEDIDO FILTRANTE DE GRAVA Y CARBON VEJETAL	Profundidad del medio filtrante	Observación	Según: Manual de disposición de agua residuales – CEPIS. Condiciones geométricas
	Área del medio filtrante	Observación	Según: Manual de disposición de agua residuales - CEPIS. Condiciones geométricas
	Densidad del medio filtrante	Observación	Determinación en laboratorio
SEDIMENTADORES DIFERENTES (CARGA ORGANICA)	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) Afluentes	Pruebas estandarizadas	MÉTODO APHA - STANDARD METHODS 17th Edition 5210 B. Prueba DBO de 5 días.
	Sólidos Disueltos totales afluentes	Pruebas estandarizadas	Determinación en Gabinete con relación a la conductividad
	Potencial de Hidrógeno	Pruebas estandarizadas	MÉTODO APHA - STANDARD METHODS 17th Edition 4500-H pH
	Temperatura	Pruebas estandarizadas	MÉTODO APHA - STANDARD METHODS 17th Edition

			2550 B. Temperatura.
	Conductividad	Pruebas estandarizadas	MÉTODO APHA - STANDARD METHODS 17th Edition 2510 A. Conductividad.
FILTROS PERCOLADORES (CARGA HIDRÁULICA)	Volumen de agua residual	Observación	Según: Manual de disposición de agua residuales – CEPIS. Condiciones geométricas
	Caudal de operación	Observación	Según: Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - N° 059-2013-VIVIENDANMC S-OMA. Método Volumétrico
VARIBLES DEPENDIENTES	INDICADOR	TECNICAS DE RECOLECCIÓN	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN
REMOCION DE SOLIDOS DISUELTOS	Sólidos Disueltos totales afluentes	Pruebas estandarizadas	Determinación en Gabinete con relación a la conductividad
	Potencial de Hidrógeno	Pruebas estandarizadas	MÉTODO APHA - STANDARD METHODS 17th Edition 4500-H pH

	Temperatura	Pruebas estandarizadas	MÉTODO APHA - STANDARD METHODS 17th Edition 2550 B. Temperatura.
	Conductividad	Pruebas estandarizadas	MÉTODO APHA - STANDARD METHODS 17th Edition 2510 A. Conductividad.
REMOCIÓN DE DBO	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) Efluentes	Pruebas estandarizadas	MÉTODO APHA - STANDARD METHODS 17th Edition 5210 B. Prueba DBO de 5 días.

3.4. Población y muestra

Población: La población será los efluentes de las aguas residuales tratadas mediante tres sedimentadores primarios (a nivel de prototipos) para distintas cargas orgánicas e hidráulicas en sus efluentes. Las mismas que son generadas por la población de la localidad Tuyururi.

Muestra: La muestra será los efluentes de las aguas residuales tratadas mediante tres sedimentadores primarios y el efluente de los filtros percoladores el tipo de muestreo será del tipo no probabilístico, y el muestreo será por conveniencia.

Muestreo: El tipo de muestreo será no probabilístico ya que se desconoce la probabilidad que tienen los elementos de la población de ser seleccionados. El método de muestreo es por conveniencia, será tomada en el efluente de cada sedimentador primario y el efluente de cada filtro

percolador; el cual será cuantificado por el caudal de diseño calculado para el funcionamiento de cada batería de filtros percoladores con carbón vegetal y grava.

Unidad de Análisis: La unidad de análisis vendrá la eficiencia de los diferentes filtros percoladores en la remoción de DBO y SDT.

3.5. Instrumentos validados de recolección de datos

a. Profundidad del medio filtrante

Método: Según: Manual de disposición de agua residuales – CEPIS. Condiciones geométricas.

Procedimiento: Medir las dimensiones de los filtros.

Materiales y equipos: Wincha

b. Área del medio filtrante

Método: Según: Manual de disposición de agua residuales – CEPIS. Condiciones geométricas.

Procedimiento: Medir las dimensiones de los filtros.

Materiales y equipos: Wincha

c. Densidad del medio filtrante

Método: Según: Determinación en laboratorio.

Procedimiento: Pesar el sustrato y hallar el volumen del sustrato.

Materiales y equipos: Balanza, Probeta y regla.

d. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Método: MÉTODO APHA -STANDARD METHODS 17th Edition.
5210 B.

Procedimiento: Prueba DBO de 5 días a 20°C

Materiales y equipos: Frascos debidamente etiquetados, espectrofotómetro, Frascos Winkler y agua destilada y/o desionizada.

e. Solidos Disueltos Totales

Método: Determinación en Gabinete.

Procedimiento: Medir la conductividad y multiplicarlo por un factor de 0.6.

Materiales y equipos: Medidor de conductividad, agua destilada y/o desionizada, solución amortiguadora de pH y vaso o probeta graduado de 1Lt.

f. Potencial de Hidrógeno

Método: MÉTODO APHA - STANDARD METHODS 17th Edition 4500-H- PH. Según: Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - N° 059-2013-VIVIENDA-MCS-OMA.

Procedimiento: Las mediciones no deben ser realizadas directamente en el flujo de aguas residuales, se debe tomar una muestra simple en un recipiente apropiado y limpio. La determinación de pH y temperatura, debe realizarse en forma inmediata a la toma de muestra.

Materiales y equipos: pH metro edge HANNA y medidor de pH/CE/Salinidad/TDS/ORP/Temperatura EZDO – 7200. Agua destilada y/o desionizada, solución amortiguadora de pH y vaso o probeta graduado de 1Lt.

Materiales y equipos: Frascos debidamente etiquetados, espectrofotómetro, Frascos Winkler y agua destilada y/o desionizada.

g. Temperatura

Método: MÉTODO APHA - STANDARD METHODS 17th Edition 2550 B. Temperatura. Según: Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - N° 059-2013-VIVIENDA-MCS-OMA.

Procedimiento: Las mediciones no deben ser realizadas directamente en el flujo de aguas residuales, se debe tomar una muestra simple en un recipiente apropiado y limpio. La determinación de pH y temperatura, debe realizarse en forma inmediata a la toma de muestra.

Materiales y equipos: pH metro edge de HANNA medidor de pH/CE/Salinidad/TDS/ORP/Temperatura EZDO – 7200 y desionizada, solución amortiguadora de pH y vaso o probeta graduado de 1Lt.

h. Conductividad

Método: MÉTODO APHA - STANDARD METHODS 23rd. Edition
2510 A. CONDUCTIVIDAD

Procedimiento: El método consiste en la medida directa de la conductividad utilizando una celda de conductividad previamente estandarizada con una solución de KCl.

Materiales y equipos: Medidor de conductividad, agua destilada y/o desionizada, solución amortiguadora de pH y vaso o probeta graduado de 1Lt.

i. Volumen de agua residual

Método: Según: Manual de disposición de agua residuales – CEPIS. Condiciones geométricas.

Procedimiento: Medir las dimensiones de los filtros.

Materiales y equipos: Wincha

j. Caudal de operación

Método: Según (Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - PTAR., 2013) - N° 059-2013-VIVIENDA-MCS-OMA. Método Volumétrico.

Procedimiento: Este método se utiliza para la medición de caudal en una tubería donde se permita coleccionar el caudal por descarga libre, en la cual se puede interponer un recipiente.

Materiales y equipos: Cronometro y un recipiente.

3.6. Plan de procesamiento y análisis estadístico de la información

Prueba U de Mann-Whitney: Introducido por Mann y Whitney (1947), sirve para verificar la H_0 de que 2 muestras aleatorias autónomas provienen de dos poblaciones iguales o de una misma población, cuando no se cumple el supuesto de normalidad y homocedasticidad, medidos mínimo en escala ordinal. Se puede afirmar que es equivalente a la prueba H de Kruskal-Wallis para 2 grupos y a la prueba de suma de rangos de Wilcoxon. Esta prueba es la alternativa no paramétrica de la prueba paramétrica T de Student que compara promedios, mientras que la U de Mann – Whitney compara las diferencias entre dos medianas, por lo que se basa en rangos (Ríos, 2019).

Reglas de decisión del contraste U de Mann-Whitney

Se supone que las dos distribuciones poblacionales son idénticas, aparte de las diferencias que puedan existir entre sus posiciones centrales. Para contrastar la hipótesis nula de que las dos distribuciones poblacionales tienen la misma posición central, las reglas de decisión para un nivel de significación dado son las siguientes:

1. Si la hipótesis alternativa es la hipótesis de la cola superior unilateral, la regla de decisión es:

$$\text{Rechazar } H_0 \text{ si } \frac{U - \mu_U}{\sigma_U} < -z_\alpha$$

2. Si la hipótesis alternativa es la hipótesis de la cola inferior unilateral, la regla de decisión es:

$$\text{Rechazar } H_0 \text{ si } \frac{U - \mu_U}{\sigma_U} > z_\alpha$$

3. Si la hipótesis alternativa es la hipótesis bilateral, la regla de decisión es:

$$\text{Rechazar } H_0 \text{ si } \frac{U - \mu_U}{\sigma_U} < -z_{\alpha/2} \text{ o } \text{Rechazar } H_0 \text{ si } \frac{U - \mu_U}{\sigma_U} > z_{\alpha/2}$$

IV. Resultados

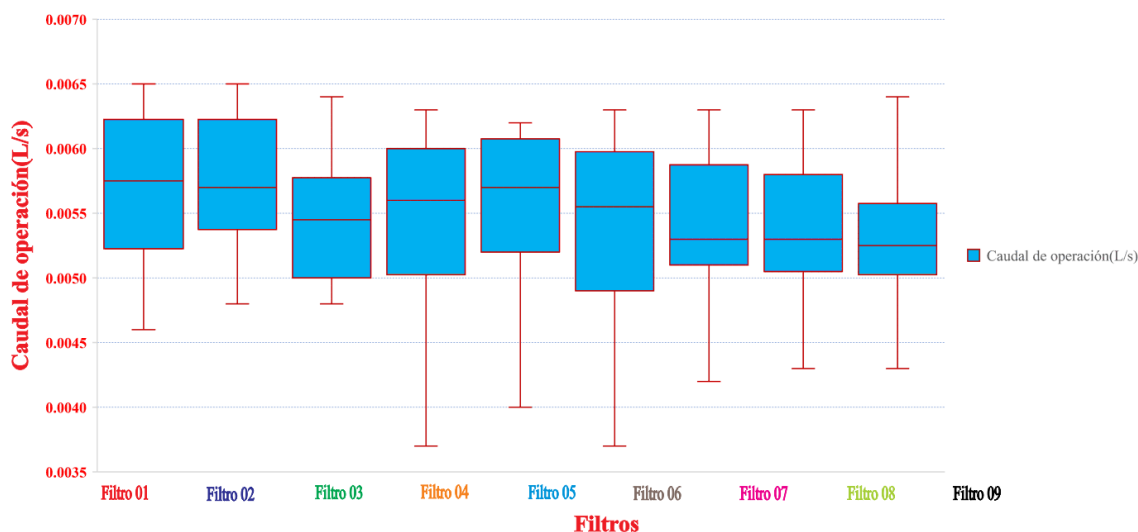
4.1. Condiciones hidráulicas de los filtros percoladores.

Tabla 8 Medida descriptiva del caudal de operación (L/s) en los filtros percoladores.

Filtro	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza al 95%		Mediana	Percentil 25	Percentil 75
			Inferior	Superior			
1	0.0057	0.0006	0.0063	0.0065	0.0058	0.0053	0.0062
2	0.0057	0.0005	0.0063	0.0065	0.0057	0.0055	0.0062
3	0.0054	0.0005	0.0058	0.0064	0.0055	0.0050	0.0058
4	0.0054	0.0008	0.0062	0.0063	0.0056	0.0051	0.0060
5	0.0056	0.0006	0.0061	0.0062	0.0057	0.0052	0.0061
6	0.0054	0.0007	0.0060	0.0063	0.0056	0.0049	0.0060
7	0.0054	0.0006	0.0060	0.0063	0.0053	0.0051	0.0059
8	0.0054	0.0006	0.0060	0.0063	0.0053	0.0051	0.0058
9	0.0053	0.0006	0.0057	0.0064	0.0053	0.0051	0.0056

Nota: Datos tomados del experimento Tuyururi - Carhuaz - 2019.

Figura 7 Medidas descriptiva del caudal de operación(L/s) en los filtros percoladores.



Nota: La figura muestra las cifras de caudal de operación (L/s) del experimento Tuyuriri, Carhuaz 2019. Fuente: Base de datos.

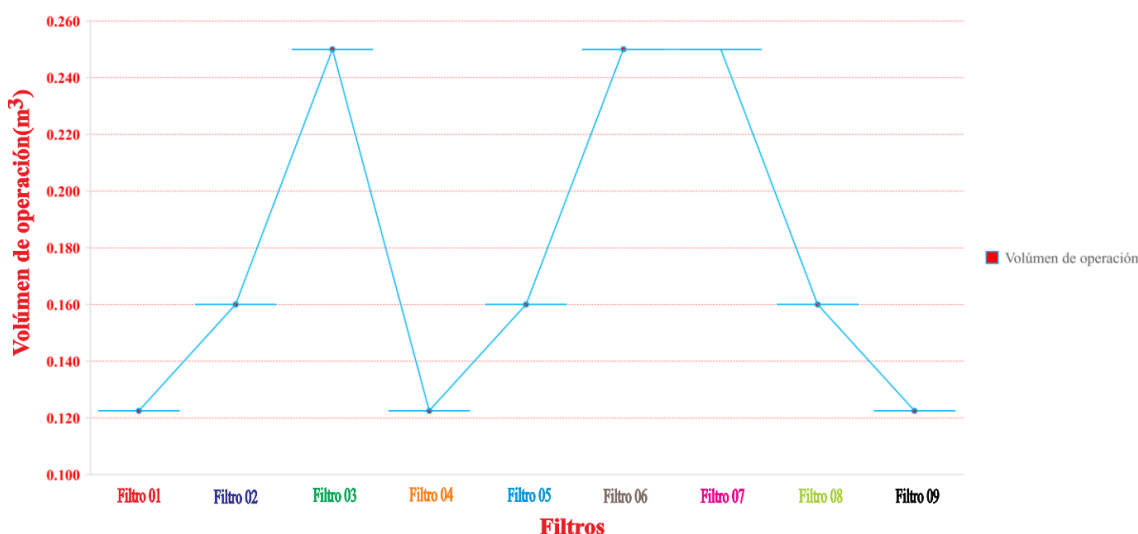
De la tabla 8 y figura 7, el caudal de operación (L/s) de mayor promedio es la del filtro 01 con 0.0057 L/s, variando entre 0.0063 a 0.0065 L/s a un 95% de confianza y la menor de estas es el filtro 09 con 0.0053 L/s, variando entre 0.0057 a 0.0064 L/s.

Tabla 9 Medidas descriptivas de volumen de operación (m3) en los filtros percoladores.

Filtro	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza al 95%		Mediana	Percentil 25	Percentil 75
			Inferior	Superior			
1	0.123	0.000	0.000	0.000	0.123	0.123	0.123
2	0.160	0.000	0.000	0.000	0.160	0.160	0.160
3	0.250	0.000	0.000	0.000	0.250	0.250	0.250
4	0.123	0.000	0.000	0.000	0.123	0.123	0.123
5	0.160	0.000	0.000	0.000	0.160	0.160	0.160
6	0.250	0.000	0.000	0.000	0.250	0.250	0.250
7	0.250	0.000	0.000	0.000	0.250	0.250	0.250
8	0.160	0.000	0.000	0.000	0.160	0.160	0.160
9	0.123	0.000	0.000	0.000	0.123	0.123	0.123

Nota: Datos tomados del experimento Tuyuriri, Carhuaz 2019.

Figura 8 Medidas descriptivas del volumen de operación (m³) en los filtros percoladores.



Nota: La figura muestra las cifras de volumen de operación (m³) del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019. Fuente: Base de datos.

De la tabla 9 y figura 8, el volumen de operación (m³) de mayor promedio es el del filtro 03, 06 y 07 con 0.250 m³ al 95% de confianza y la menor de estas es el filtro 01, 04 y 09 con 0.123 m³.

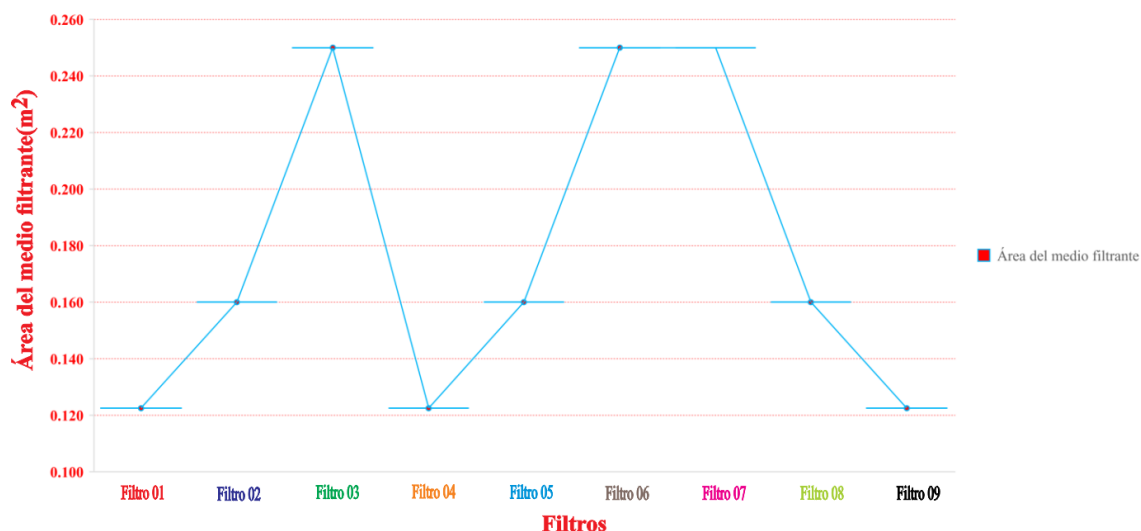
4.2. Condiciones de unidad de superficie

Tabla 10 Medidas descriptivas del área del medio filtrante (m²) en los filtros percoladores.

Filtro	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza al 95%		Mediana	Percentil 25	Percentil 75
			Inferior	Superior			
1	0.123	0.000	0.000	0.000	0.123	0.123	0.123
2	0.160	0.000	0.000	0.000	0.160	0.160	0.160
3	0.250	0.000	0.000	0.000	0.250	0.250	0.250
4	0.123	0.000	0.000	0.000	0.123	0.123	0.123
5	0.160	0.000	0.000	0.000	0.160	0.160	0.160
6	0.250	0.000	0.000	0.000	0.250	0.250	0.250
7	0.250	0.000	0.000	0.000	0.250	0.250	0.250
8	0.160	0.000	0.000	0.000	0.160	0.160	0.160
9	0.123	0.000	0.000	0.000	0.123	0.123	0.123

Nota: Datos tomados del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019.

Figura 11 Medidas descriptivas del área del medio filtrante (m²) en los filtros percolares.



Nota: La figura muestra las cifras del área del medio filtrante (m²) del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019. Fuente: Base de datos.

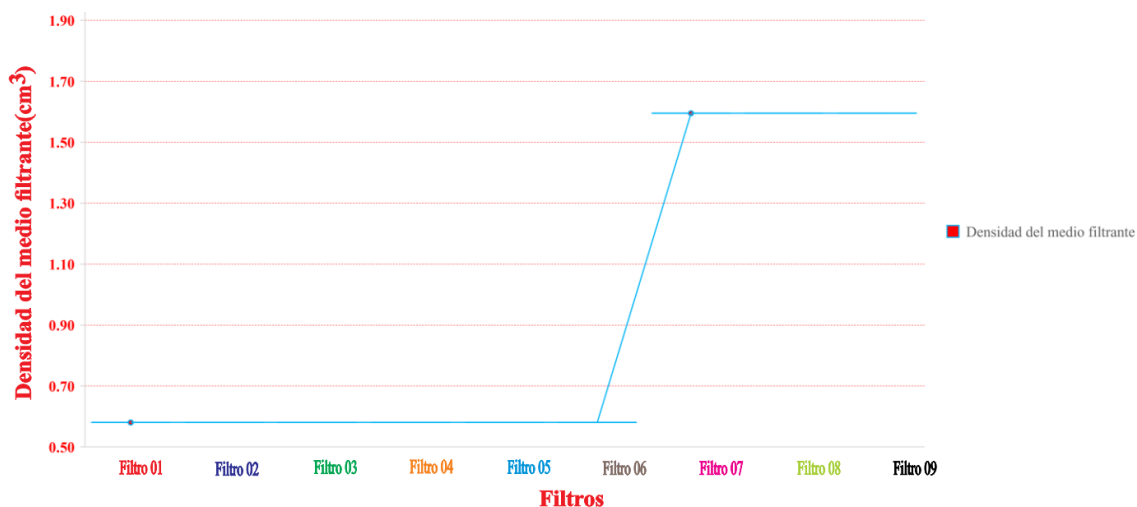
De la tabla 10 y figura 9, el área del medio filtrante (m²) de mayor promedio es la del filtro 03, 06 y 07 con 0.250 m² al 95% de confianza y la menor de estas es el filtro 01, 04 y 09 con 0.123 m².

Tabla 12 Medidas descriptivas de la densidad del medio filtrante (gr/cm³) en los filtros percoladores.

Filtro	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza al 95%		Mediana	Percentil 25	Percentil 75
			Inferior	Superior			
1	0.580	0.000	0.000	0.000	0.580	0.580	0.580
2	0.580	0.000	0.000	0.000	0.580	0.580	0.580
3	0.580	0.000	0.000	0.000	0.580	0.580	0.580
4	0.580	0.000	0.000	0.000	0.580	0.580	0.580
5	0.580	0.000	0.000	0.000	0.580	0.580	0.580
6	0.580	0.000	0.000	0.000	0.580	0.580	0.580
7	1.590	0.000	0.000	0.000	1.590	1.590	1.590
8	1.590	0.000	0.000	0.000	1.590	1.590	1.590
9	1.590	0.000	0.000	0.000	1.590	1.590	1.590

Nota: Datos tomados del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019.

Figura 9 Medidas descriptivas de densidad del medio filtrante (gr/cm³) en los filtros percoladores.



Nota: La figura muestra las cifras de la densidad del medio filtrante (gr/cm³) del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019. Fuente: Base de datos.

De la tabla 11 y figura 10, la densidad del medio filtrante (gr/cm³) de mayor promedio es la del filtro 07, 08 y 09 con 1.590 gr/cm³ al 95% de confianza y la menor de estas es el filtro 01, 02, 03, 04, 05 y 06 con 0.580 gr/cm³.

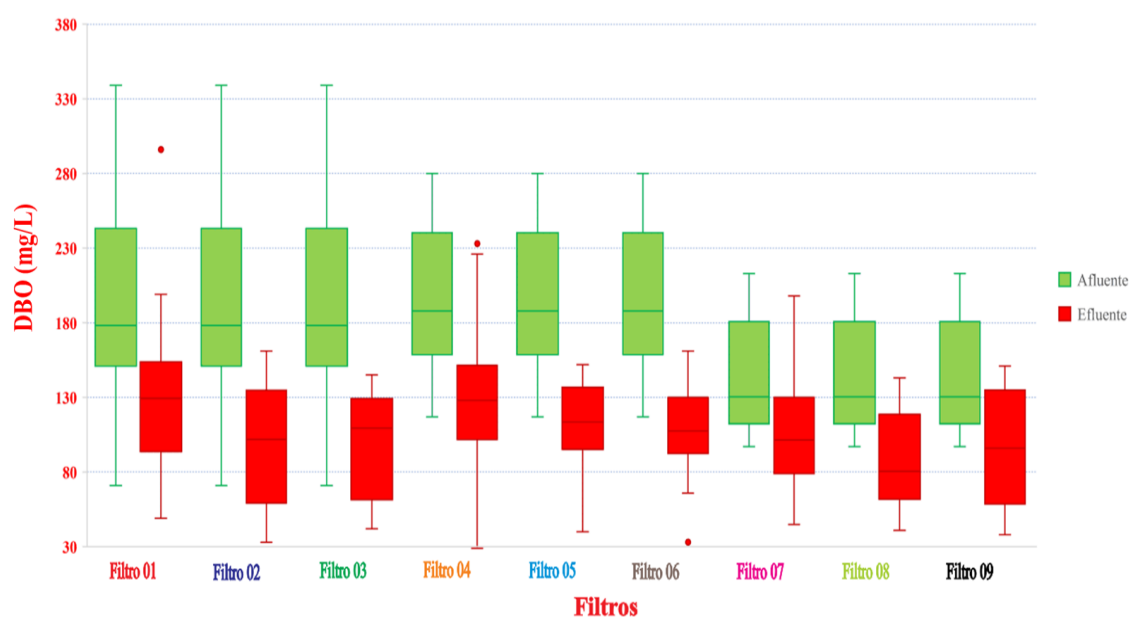
4.3. DBO en de los filtros percoladores

Tabla 13 Medidas descriptivas de DBO (mg/L) en los filtros percoladores.

Filtro	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza al 95%		Mediana	Percentil 25	Percentil 75
			Inferior	Superior			
1	134.56	59.86	186.00	296.00	129.50	98.50	153.50
2	103.38	42.27	153.00	161.00	102.00	63.50	133.50
3	98.75	36.85	141.00	145.00	109.50	62.00	127.50
4	127.44	54.46	155.00	233.00	128.00	102.50	151.00
5	109.44	32.98	141.00	152.00	113.50	95.50	135.50
6	108.44	32.13	140.00	161.00	107.50	95.00	129.00
7	104.50	38.18	132.00	198.00	101.50	79.00	129.00
8	87.38	31.33	124.00	143.00	80.50	62.50	118.50
9	96.69	38.54	140.00	151.00	96.00	60.00	133.00

Nota: Datos tomados del experimento Tuyururi - Carhuaz 2019.

Figura 10 Medidas descriptivas de DBO (mg/L) en los filtros percoladores.



Nota: La figura muestra las cifras de DBO (mg/L) del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019. Fuente: Base de datos.

De la tabla 12 y figura 11, DBO (mg/L) de mayor promedio es la del filtro 01 con 134.56 (mg/L), variando entre 186 a 296 (mg/L) al 95% de confianza y la menor de estas es el filtro 08 con 87.38 (mg/L)

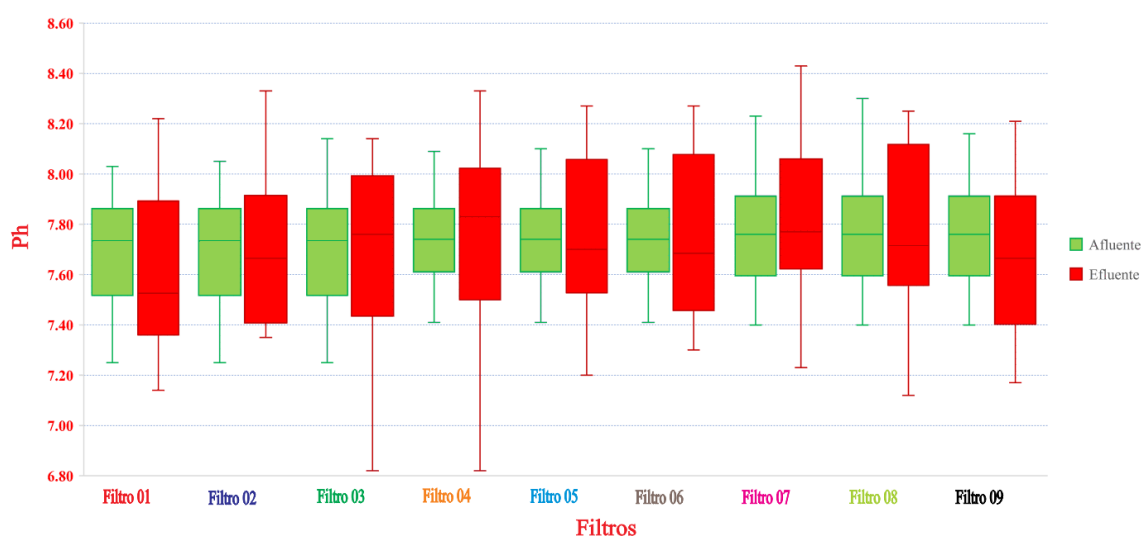
4.4. Condiciones de concentración de contaminantes.

Tabla 11 Medidas descriptivas del pH en los filtros percoladores.

Filtro	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza al 95%		Mediana	Percentil 25	Percentil 75
			Inferior	Superior			
1	7.60	0.35	8.09	8.22	7.53	7.36	7.86
2	7.69	0.32	8.16	8.33	7.67	7.42	7.86
3	7.69	0.39	8.10	8.14	7.76	7.44	7.97
4	7.73	0.42	8.16	8.33	7.83	7.52	8.00
5	7.75	0.32	8.12	8.27	7.70	7.56	8.02
6	7.74	0.31	8.15	8.27	7.69	7.49	8.05
7	7.84	0.32	8.30	8.43	7.77	7.63	8.03
8	7.77	0.32	8.20	8.25	7.72	7.57	8.06
9	7.67	0.32	8.03	8.21	7.67	7.41	7.89

Nota: Datos tomados del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019.

Figura 11 Medidas descriptivas del pH en los filtros percoladores.



Nota: La figura muestra las cifras del pH del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019.
Fuente: Base de datos.

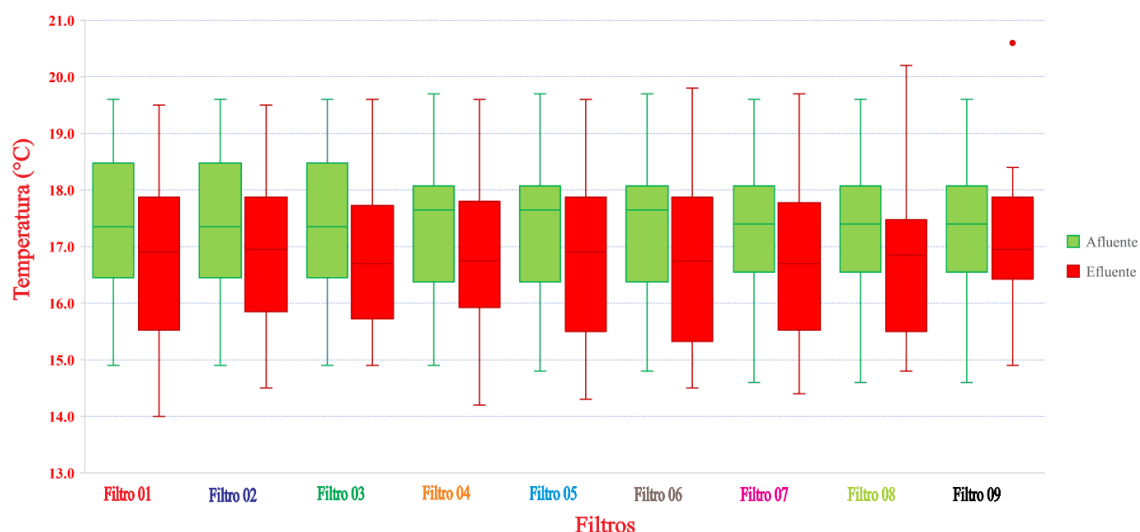
De la tabla 13 y figura 12, el pH de mayor promedio es la del filtro 07 con 7.84, variando entre 8.30 a 8.43 al 95% de confianza y la menor de estas es el filtro 01 con 7.60, variando entre 8.09 a 8.22.

Tabla 12 Medidas descriptivas de la temperatura (°C) en los filtros percoladores.

Filtro	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza al 95%		Mediana	Percentil 25	Percentil 75
			Inferior	Superior			
1	16.76	1.47	18.00	19.50	16.90	15.65	17.85
2	16.82	1.39	18.00	19.50	16.95	15.90	17.85
3	16.77	1.27	18.20	19.60	16.70	15.75	17.65
4	16.81	1.44	18.10	19.60	16.75	15.95	17.70
5	16.73	1.58	18.40	19.60	16.90	15.50	17.85
6	16.68	1.48	18.10	19.80	16.75	15.35	17.75
7	16.62	1.52	17.90	19.70	16.70	15.55	17.65
8	16.77	1.38	17.80	20.20	16.85	15.60	17.45
9	17.11	1.34	18.20	20.60	16.95	16.45	17.85

Nota: Datos tomados del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019.

Figura 12 Medidas descriptivas de la temperatura (°C) en los filtros percoladores.



Nota: La figura muestra las cifras de la temperatura (°C) del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019. Fuente: Base de datos.

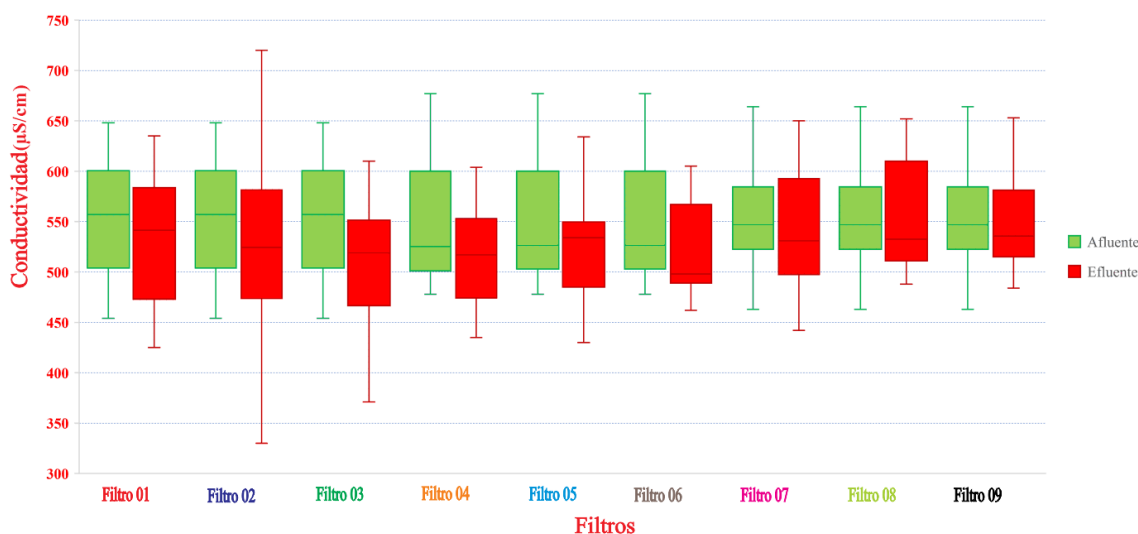
De la tabla 14 y figura 13, la temperatura (°C) de mayor promedio es la del filtro 09 con 17.11°C, variando entre 18.20 a 20.60°C al 95% de confianza y la menor de estas es el filtro 07 con 16.62, variando entre 17.90 a 19.70°C.

Tabla 13 Medidas descriptiva de la conductividad ($\mu\text{S} / \text{cm}$) en los filtros percoladores.

Filtro	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza al 95%		Mediana	Percentil 25	Percentil 75
			Inferior	Superior			
1	532.31	63.91	586.00	635.00	541.50	476.00	583.50
2	525.19	88.16	605.00	720.00	524.50	474.50	577.00
3	486.75	113.95	555.00	610.00	519.00	468.00	548.00
4	515.31	49.76	579.00	604.00	517.00	481.50	546.00
5	523.44	50.46	571.00	634.00	534.00	488.00	547.50
6	518.13	44.52	571.00	605.00	498.00	489.00	567.00
7	542.75	56.75	604.00	650.00	531.00	500.00	592.50
8	554.19	52.95	620.00	652.00	532.50	512.00	606.00
9	547.00	46.77	590.00	653.00	535.50	515.00	580.50

Nota: Datos tomados del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019.

Figura 13 Medidas descriptiva de la conductividad ($\mu\text{S/cm}$) en los filtros percoladores.



Nota: La figura muestra las cifras de la conductividad($\mu\text{S/cm}$) del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019. Fuente: Base de datos.

De la tabla 15 y figura 14, la conductividad($\mu\text{S/cm}$) de mayor promedio es la del filtro 08 con $554.19 \mu\text{S/cm}$, variando entre 620 a $625 \mu\text{S/cm}$ al 95% de confianza y la menor de estas es el filtro 03 con $486.75 \mu\text{S/cm}$, variando entre 555 a $610 \mu\text{S/cm}$.

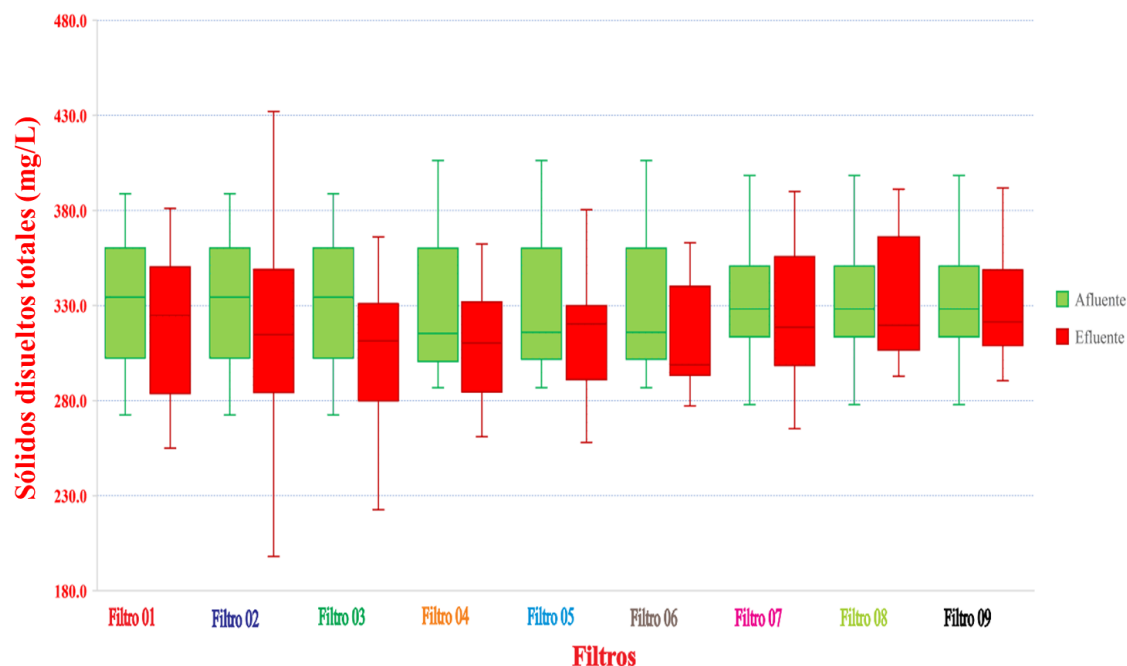
4.5. Sólidos disueltos totales en de los filtros percoladores

Tabla 14 Medidas descriptiva de sólidos disueltos totales (mg/L) en los filtros percoladores.

Filtro	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza al 95%		Mediana	Percentil 25	Percentil 75
			Inferior	Superior			
1	319.39	38.35	351.60	381.00	324.90	285.60	350.10
2	315.11	52.89	363.00	432.00	314.70	284.70	346.20
3	292.05	68.37	333.00	366.00	311.40	280.80	328.80
4	309.19	29.86	347.40	362.40	310.20	288.90	327.60
5	314.06	30.27	342.60	380.40	320.40	292.80	328.50
6	310.88	26.71	342.60	363.00	298.80	293.40	340.20
7	325.65	34.05	362.40	390.00	318.60	300.00	355.50
8	332.51	31.77	372.00	391.20	319.50	307.20	363.60
9	328.20	28.06	354.00	391.80	321.30	309.00	348.30

Nota: Datos tomados del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019.

Figura 14 Medidas descriptivas de sólidos disueltos totales (mg/L) en los filtros percoladores.



Nota: La figura muestra las cifras de los sólidos disueltos totales(mg/L) del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019. Fuente: Base de datos.

De la tabla 16 y figura 15, sólidos disueltos totales(mg/L) de mayor promedio es la del filtro 08 con 332.51 mg/L, variando entre 372 a 391 mg/L al 95% de confianza y la menor de estas es el filtro 03 con 292.05 mg/L, variando entre 333 a 366 mg/L.

4.6. Contrastación de hipótesis

4.6.1. Hipótesis general

i. Hipótesis de Investigación

Si genera diferentes eficiencias utilizando como medio filtrante grava y carbón vegetal en la remoción de DBO y Solidos Disueltos Totales en las aguas residuales domesticas provenientes de diferentes sedimentadores en la localidad de Tuyururi – Carhuaz-2019.

ii. Hipótesis Estadística

H₀: La remoción de DBO y Sólidos Disueltos totales es deficiente empleando como medio filtrante grava y carbón vegetal en las aguas residuales domesticas provenientes de diferentes sedimentadores en la localidad de Tuyururi, Carhuaz 2019.

H₁: La remoción de DBO y Sólidos Disueltos totales es eficiente empleando como medio filtrante grava y carbón vegetal en las aguas residuales domesticas provenientes de diferentes sedimentadores en la localidad de Tuyururi, Carhuaz 2019.

iii. Nivel de Significación

El nivel de significación teórica es $\alpha = 0.05$, que corresponde a un nivel de confiabilidad del 95%.

iv. Función de Prueba

Se realizó por medio de la prueba no paramétrica denominada U de Mann-Whitney, ya que ambos conjuntos de datos no presentan aproximación a la distribución normal.

Tabla 15 Prueba de normalidad de los datos remoción de DBO y sólidos disueltos totales con el medio filtrante de grava y carbón vegetal.

Sedimentador	Shapiro-Wilk			Resultado
	Estadístico	gl	Sig.	
Remoción de DBO y Sólidos Disuelto totales	0,893	16	0,012	No normal
Medio filtrante grava y carbón vegetal	0,621	16	0,004	No normal

Nota: Datos tomados del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019.

v. Regla de decisión

Rechazar H₀ cuando la significación observada “p” es menor que α .

No rechazar H_0 cuando la significación observada “ p ” es mayor que α .

vi. Cálculos

Tabla 16 Eficiencia (%) por filtros percoladores sobre la remoción de DBO.

Filtro	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza al 95%		Mediana	Percentil 25	Percentil 75
			Inferior	Superior			
1	0.3109	0.2372	0.5731	0.6667	0.1965	0.1319	0.5365
2	0.4506	0.1699	0.6358	0.7845	0.4348	0.3574	0.5443
3	0.4617	0.1749	0.6235	0.7802	0.4917	0.3176	0.5900
4	0.3648	0.2480	0.6679	0.7688	0.3519	0.1916	0.5376
5	0.4373	0.1619	0.5641	0.7688	0.4528	0.3064	0.5306
6	0.4396	0.1815	0.5768	0.7179	0.4787	0.3431	0.5672
7	0.2851	0.2098	0.5221	0.6429	0.2648	0.1231	0.4356
8	0.3552	0.2467	0.6304	0.8075	0.3359	0.1121	0.5574
9	0.3344	0.2638	0.5989	0.7853	0.3654	0.0392	0.5348

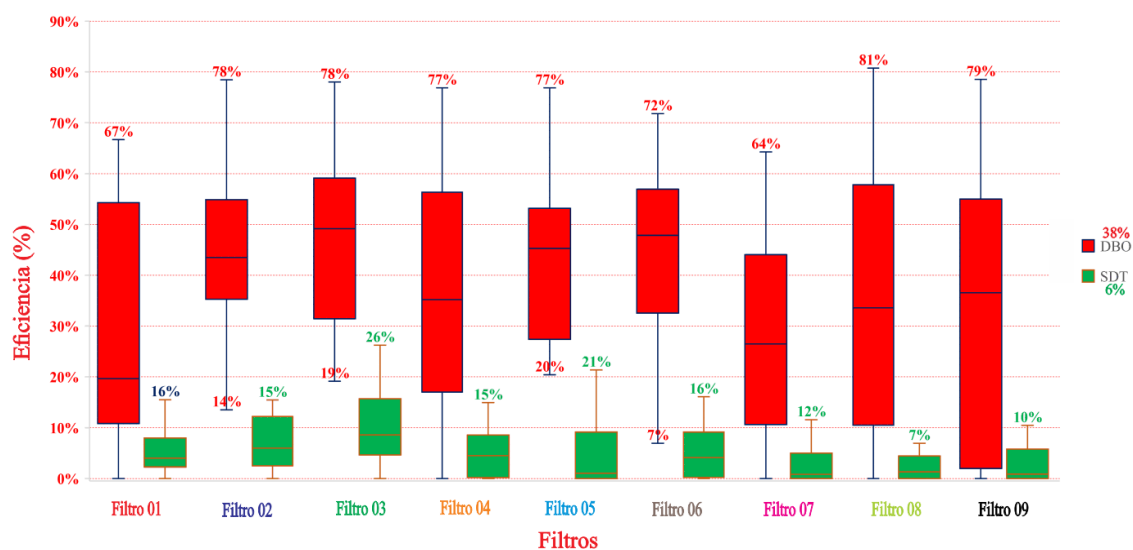
Nota: Datos tomados del experimento Tuyuriri - Carhuaz 2019.

Tabla 17 Eficiencia (%) por filtros percoladores sobre la remoción de Sólidos disueltos totales.

Filtro	Media	Desviación estándar	Intervalo de confianza al 95%		Mediana	Percentil 25	Percentil 75
			Inferior	Superior			
1	0.0610	0.0588	0.1551	0.1800	0.0405	0.0253	0.0775
2	0.0795	0.0855	0.1365	0.3439	0.0598	0.0260	0.1152
3	0.1354	0.1893	0.1806	0.7959	0.0855	0.0491	0.1525
4	0.0619	0.0729	0.1492	0.2216	0.0451	0.0019	0.0815
5	0.0548	0.0764	0.1667	0.2137	0.0106	0.0000	0.0902
6	0.0609	0.0725	0.1047	0.2600	0.0412	0.0027	0.0897
7	0.0316	0.0460	0.0683	0.1516	0.0082	0.0000	0.0488
8	0.0245	0.0348	0.0683	0.1191	0.0125	0.0000	0.0388
9	0.0290	0.0358	0.0620	0.1044	0.0092	0.0000	0.0569

Nota: Datos tomados del experimento Tuyuriri - Carhuaz 2019.

Figura 15 Eficiencia (%) por filtros percoladores sobre la remoción de DBO y Sólidos Disueltos totales.



Nota: La figura muestra las cifras de la eficiencia % por semana sobre la remoción de DBO y Sólidos Disueltos totales empleando como medio filtrante grava y carbón vegetal en las aguas residuales domesticas provenientes de diferentes sedimentadores en la localidad de Tuyururi, Carhuaz 2019. Fuente: Base de datos.

Tabla 18 Prueba U de Mann – Whitney de remoción de DBO y Sólidos Disueltos totales con el medio filtrante de grava y carbón vegetal.

Estadístico	Carga másica
U de Mann-Whitney	92,561
Z	-0,845
Sig. (bilateral)	0,0232

Nota: Datos tomados del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019.

vii. Conclusión

Como el valor de significación observada de la prueba U de Mann - Whitney $p = 0.0232$ es menor al valor de significación teórica $\alpha = 0.05$, se rechaza la hipótesis nula. Ello significa que la remoción de DBO y Sólidos Disueltos totales es eficiente con el medio filtrante grava y carbón vegetal

en las aguas residuales domesticas provenientes de diferentes sedimentadores en la localidad de Tuyururi, Carhuaz 2019.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis general de investigación con una eficiencia de 38% en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólo 6% en lo sólidos disueltos totales (SDT) de los filtros percoladores.

4.6.2. Primera hipótesis específica

i. Hipótesis de Investigación

El filtro percolador con medio filtrante grava, SI es eficiente para en remoción de solidos disueltos y DBO de las aguas residuales domesticas proveniente de diferentes sedimentadores en la localidad de Tuyururi – Carhuaz-2019.

ii. Hipótesis Estadística

H₀ : La remoción de DBO y Sólidos Disueltos totales es deficiente empleando como medio filtrante grava en las aguas residuales domesticas provenientes de diferentes sedimentadores en la localidad de Tuyururi, Carhuaz 2019.

H₁ : La remoción de DBO y Sólidos Disueltos totales es eficiente empleando como medio filtrante grava en las aguas residuales domesticas provenientes de diferentes sedimentadores en la localidad de Tuyururi, Carhuaz 2019.

iii. Nivel de Significación

El nivel de significación teórica es $\alpha = 0.05$, que corresponde a un nivel de confiabilidad del 95%.

iv. Función de Prueba

Se realizó por medio de la prueba paramétrica ANOVA (prueba F) cuando los datos presentan aproximación a la distribución normal y prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis cuando los datos no presentan aproximación a la distribución normal.

v. Regla de decisión

Rechazar H_0 cuando la significación observada " p " es menor que α .

No rechazar H_0 cuando la significación observada " p " es mayor que α .

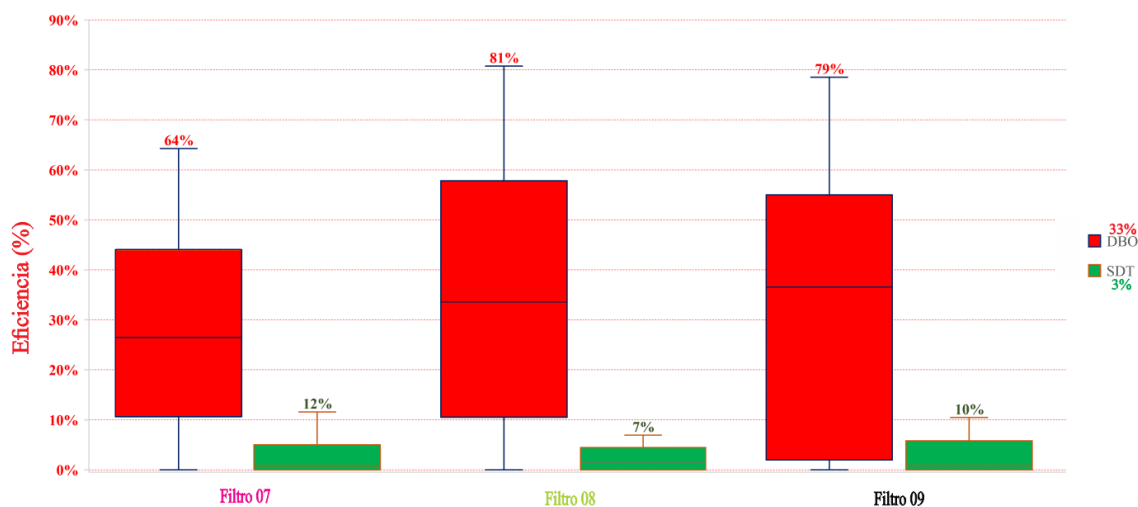
vi. Cálculos

Tabla 19 Condiciones del medio filtrante de grava.

Variable/dimensión/indicador		Prueba estadística		
		Estadístico	Valor	Sig.
MEDIDO FILTRANTE DE GRAVA		k - w	1.0864	0.042
Unidad de superficie	Profundidad del medio filtrante	k - w	2.0563	0.038
	Área del medio filtrante			
	Densidad del medio filtrante			
SEDIMENTADORES DIFERENTES (CARGA ORGANICA)		F	9.003	0.003
concentración de un determinado contaminante	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) Afluentes	F	9.003	0.003
	Sólidos Disueltos totales afluentes			
	PH			
	Temperatura			
	Conductividad			
FILTROS PERCOLADORES (CARGA HIDRAULICA)		K - w	1.792	0.873
Condiciones hidráulicas	Volumen de agua residual	K - w	1.792	0.873
	Caudal de operación			
REMOCION DE SOLIDOS DISUELTOS		K - w	3.673	0.001
Parámetros físicos	Sólidos Disueltos totales afluentes	K - w	3.673	0.001
	PH			
	Temperatura			
	Conductividad			
REMOCION DE DBO		F	3.678	0.033
concentración de materia orgánica	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) Efluentes	F	3.678	0.033

Nota: Datos tomados del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019.

Figura 16 Eficiencia (%) por filtros percoladores sobre la remoción de DBO y Sólidos Disueltos totales empleando como medio filtrante grava.



Nota: La figura muestra las cifras de la eficiencia % por semana sobre la remoción de DBO y Sólidos Disueltos totales empleando como medio filtrante grava en las aguas residuales domesticas provenientes de diferentes sedimentadores en la localidad de Tuyururi, Carhuaz 2019. Fuente: Base de datos.

vii. Conclusión

Como el valor de significación observada de la prueba Kruskal-Wallis $p = 0.042$ es menor al valor de significación teórica $\alpha = 0.05$, se rechaza la hipótesis nula. Ello significa que la remoción de DBO y sólidos disueltos totales es eficiente con el medio filtrante grava en las aguas residuales domesticas provenientes de diferentes sedimentadores en la localidad de Tuyururi, Carhuaz 2019.

Por lo tanto, se acepta la primera hipótesis específica de investigación con una eficiencia de 33% en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólo 3% en lo sólidos disueltos totales (SDT) de los filtros percoladores.

4.6.3. Segunda hipótesis específica

i. Hipótesis de Investigación

El filtro percolador con medio filtrante carbón vegetal, SI es eficiente para en remoción de solidos disueltos y DBO de las aguas residuales domesticas proveniente de diferentes sedimentadores en la localidad de Tuyururi –Carhuaz-2019.

ii. Hipótesis Estadística

H₀ : La remoción de DBO y Sólidos Disueltos totales es deficiente empleando como medio carbón vegetal en las aguas residuales domesticas provenientes de diferentes sedimentadores en la localidad de Tuyururi - Carhuaz 2019.

H₁ : La remoción de DBO y Sólidos Disueltos totales es eficiente empleando como medio carbón vegetal en las aguas residuales domesticas provenientes de diferentes sedimentadores en la localidad de Tuyururi - Carhuaz 2019.

iii. Nivel de Significación

El nivel de significación teórica es $\alpha = 0.05$, que corresponde a un nivel de confiabilidad del 95%.

iv. Función de Prueba

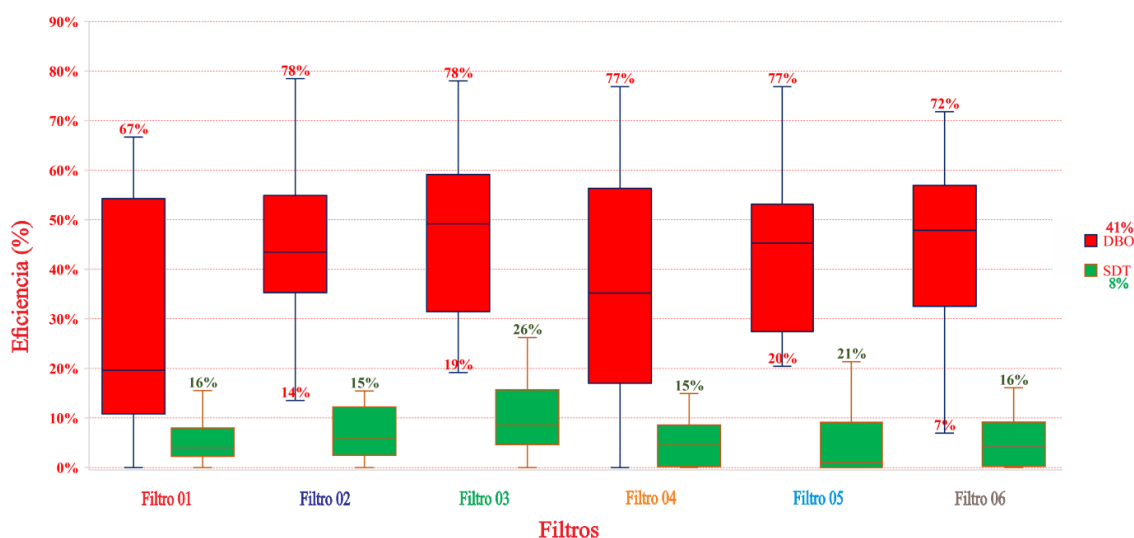
Se realizó por medio de la prueba paramétrica ANOVA (prueba F) cuando los datos presentan aproximación a la distribución normal y prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis cuando los datos no presentan aproximación a la distribución normal.

Tabla 20 Prueba de normalidad de los datos de remoción DBO y Sólidos Disueltos Totales sobre el medio filtrante de carbón vegetal.

Variable/dimensión/indicador		Shapiro-Wilk			Resultado
		Estadístico	gl	Sig.	
MEDIDO FILTRANTE DE CARBON VEGETAL		0.675	144	0.0169	No normal
Unidad de superficie	Profundidad del medio filtrante	0.675	144	0.0169	No normal
	Área del medio filtrante				
	Densidad del medio filtrante				
SEDIMENTADORES DIFERENTES (CARGA ORGANICA)		0.739	144	0.237	Normal
concentración de un	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) Afluentes	0.739	144	0.237	Normal
	Sólidos Disueltos totales afluentes				
	PH				
determinado contaminante	Temperatura				
	Conductividad				
FILTROS PERCOLADORES (CARGA HIDRAULICA)		0.753	144	0.003	No normal
Condiciones hidráulicas	Volumen de agua residual	0.753	144	0.003	No normal
	Caudal de operación				
REMOCION DE SOLIDOS DISUELTOS		0.593	144	0.001	No normal
Parámetros físicos	Sólidos Disueltos totales afluentes	0.593	144	0.001	No normal
	PH				
	Temperatura				
	Conductividad				
REMOCION DE DBO		0.693	144	0.095	Normal
concentración de materia orgánica	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) Efluentes	0.693	144	0.095	Normal

Nota: Datos tomados del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019.

Figura 17 Eficiencia (%) por filtros percoladores sobre la remoción de DBO y Sólidos Disueltos totales empleando como medio carbón vegetal



Nota: La figura muestra las cifras de la eficiencia % por semana sobre la remoción de DBO y Sólidos Disueltos totales empleando como medio carbón

vegetal en las aguas residuales domesticas provenientes de los sedimentadores en la localidad de Tuyururi, Carhuaz 2019. Fuente: Base de datos.

v. Regla de decisión

Rechazar H_0 cuando la significación observada " p " es menor que α .

No rechazar H_0 cuando la significación observada " p " es mayor que α .

vi. Cálculos

Tabla 21 Condiciones del medio filtrante de carbón vegetal.

Variable/dimensión/indicador		Prueba estadística		
		Estadístico	Valor	Sig.
MEDIDO FILTRANTE DE CARBON VEGETAL		k - w	2.0563	0.038
Unidad de superficie	Profundidad del medio filtrante	k - w	2.0563	0.038
	Área del medio filtrante			
	Densidad del medio filtrante			
SEDIMENTADORES DIFERENTES (CARGA ORGANICA)		F	9.003	0.003
concentración de un determinado contaminante	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) Afluentes	F	9.003	0.003
	Sólidos Disueltos totales afluentes			
	PH			
	Temperatura			
	Conductividad			
FILTROS PERCOLADORES (CARGA HIDRAULICA)		K - w	1.792	0.873
Condiciones hidráulicas	Volumen de agua residual	K - w	1.792	0.873
	Caudal de operación			
REMOCION DE SOLIDOS DISUELTOS		K - w	3.673	0.001
Parámetros físicos	Sólidos Disueltos totales afluentes	K - w	3.673	0.001
	PH			
	Temperatura			
	Conductividad			
REMOCION DE DBO		F	3.678	0.033
concentración de materia orgánica	Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/L) Efluentes	F	3.678	0.033

Nota: Datos tomados del experimento Tuyururi, Carhuaz 2019.

vii. Conclusión

Como el valor de significación observada de la prueba Kruskal-Wallis $p = 0.038$ es menor al valor de significación teórica $\alpha = 0.05$, se rechaza la hipótesis nula. Ello significa que la remoción de DBO y sólidos disueltos totales es eficiente con el medio carbón vegetal en las aguas residuales domesticas provenientes de los sedimentadores en la localidad de Tuyururi, Carhuaz 2019.

Por lo tanto, se acepta la segunda hipótesis específica de investigación con una eficiencia de 41% en la demanda bioquímica de

oxígeno (DBO) y sólo 8% en lo sólidos disueltos totales (SDT) de los filtros percoladores.

V. Discusión de resultados

Según el objetivo general, la eficiencia de los filtros percolador utilizando como medio filtrante grava y carbón vegetal en la remoción de DBO , obteniendo como resultado la eficiencia de mayor promedio es la del filtro N.º 03 con 46%, variando de 63% al 78% y la menor de estas del filtro N.º 07 con 28% variando de 52% al 64% y obteniendo un 38% de eficiencia en DBO como promedio de los 9 filtros, eficiencias al ser comparados con lo encontrado con (Almeyda, 2007) “Tratamiento alternativo de aguas residuales domesticas mediante filtros consecutivos para población rurales” el filtro biológico obtuvo un 77% de eficiencia en remoción de la DBO y baja retención de sólidos. Según, (CONAGUA, 2019) indica que las eficiencias con respecto a la DBO varían de 80 – 90 % para los filtros percoladores. Por otro lado (RNE, 2006) la eficiencia en los filtros percoladores en términos de DBO varían del 50- 90 %, los porcentajes de remoción obtenidos para este estudio son variados, ya que cada filtro tiene características diferentes, según la figura 16 las eficiencias máximas van del 64 % al 81% que al ser comparado con los estudios encontrados se encuentra en los rangos determinando que los filtros percoladores son eficientes a aguas provenientes de diferentes sedimentadores.

Estos resultados pueden deberse a varias razones: Según (Droste, 1997) esta variación de los datos es típica en investigaciones asociadas a reactores biológicos que utilizan como sustrato directamente el agua residual bruta, como es el caso del filtro percolador con medio filtrante de carbón

vegetal y grava que en varios meses se presentaron las eficiencias más bajas, debido a que no hubo un ingreso de caudal constante, obstrucción en la entrada del sistema y una inadecuada repartición de caudal, lo cual impidió que el proceso biológico se realizara de forma completa. Este suceso se pudo haber presentado debido a que en el filtro se encontraba vacío en las noches, por lo que el tiempo de contacto (paso de agua dentro del filtro) entre el sustrato y los microorganismos se disminuyó considerablemente generando una eficiencia muy inferior a lo esperado.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis general de investigación con una eficiencia de 38% en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólo 6% en los sólidos disueltos totales (SDT) de los filtros percoladores.

Según la DBO (mg/L) De la tabla 12 y figura 11, DBO (mg/L) de mayor promedio es la del filtro 01 con 134.56 (mg/L), variando entre 186 a 296 (mg/L) al 95% de confianza y la menor de estas es el filtro 08 con 87.38 (mg/L) variando entre 124 a 143 (mg/L). Datos al ser comparados con lo encontrado (Cerdeña, 2018) "Determinación y mejoramiento de la eficiencia del sistema de tanque séptico y filtro biológico de la planta de tratamiento de aguas residuales de la localidad de Jivia departamento de Huánuco" obteniendo los resultados favorables de la remoción de las concentraciones de la materia orgánica de 241 mg/l a 98 mg/l de DBO, para el vertimiento de efluentes de las plantas de tratamiento de agua residual a cuerpos receptoras como indica según el límite máximo permisible. Se llega a concluir que los filtros percoladores de estudio funcionan y remueve los parámetros analizados, en la Tabla 12 y Figura 11 se encuentra representada la concentración de DBO en mg/L durante los cuatro meses de operación. Las

concentraciones obtenidas son bastante dinámicas, lo cual indica que los ingresos de caudal no se ejecutan de manera constante. Se puede observar que en todos los casos se presenta una disminución de la concentración del efluente con respecto al afluente, aunque las mayores eficiencias se obtuvieron a partir del segundo y tercer mes, cuando se efectuó la continuidad de los caudales, indicando que a medida que la DBO era más alta, debido al aumento del caudal y de la carga orgánica, también se presentó un incremento en el contenido de nutrientes presentes en el sustrato, generando un aumento en la actividad metabólica de los microorganismos y por consecuencia un mejor desempeño en el sistema. Por otro lado, cuando la DBO del afluente fue más baja, el contenido de nutrientes y la actividad microbiana disminuyó y, por ende, la eficiencia del sistema también.

Según el objetivo general, la eficiencia de los filtros percolador utilizando como medio filtrante grava y carbón vegetal en la remoción de sólidos disueltos totales, obteniendo como resultado la eficiencia de mayor promedio es la del filtro N°03 con 13%, variando de 4% al 26% y el menor promedio en el filtro N°08 con 2 % variando de 1% al 4% y obteniendo un 6% de eficiencia en sólidos disueltos totales como promedio de los 9 filtros y concentración de sólidos disueltos totales(mg/L) de mayor promedio es la del filtro 08 con 332.51 mg/L, variando entre 372 a 391 mg/L al 95% de confianza y la menor de estas es el filtro 03 con 292.05 mg/L, variando entre 333 a 366 mg/L, datos al ser comparados con lo encontrado según (Yenny Tatiana Romero Ladino, 2016) Evaluación de un filtro percolador sin recirculación con medio de soporte en PVC para el tratamiento de aguas

residuales combinadas (domésticas y pecuarias). Las remociones obtenidas para los sólidos totales disueltos del afluente con respecto al efluente son bastante bajas. según los datos obtenidos las remociones y concentraciones SDT son bajas, lo cual puede deberse a la acumulación de sales en la parte baja del filtro percolador, cuyo nivel de agua se mantuvo siempre a la mitad del filtro, generando una disminución del movimiento del agua en este punto (Droste, 1997). Otro factor que puede afectar este proceso es el taponamiento de la tubería de salida por acumulación de sólidos en el fondo del filtro proveniente del afluente o generado por el desprendimiento de la película adherida.

Con respecto a la conductividad eléctrica en el agua es la capacidad para transportar una corriente eléctrica, la cual depende directamente de la presencia de iones de las soluciones ácidas o básicas en el agua. En la mayoría de soluciones acuosas cuanto mayor es la concentración de las sales disueltas, mayor es su conductividad eléctrica (Ferrer 2008). En el estudio la conductividad($\mu\text{S}/\text{cm}$) de mayor promedio es la del filtro 08 con $554.19 \mu\text{S}/\text{cm}$, variando entre 620 a $625 \mu\text{S}/\text{cm}$ al 95% de confianza y la menor de estas es el filtro 03 con $486.75 \mu\text{S}/\text{cm}$, variando entre 555 a $610 \mu\text{S}/\text{cm}$. Datos al ser comparados con lo encontrado según (Yenny Tatiana Romero Ladino, 2016) Evaluación de un filtro percolador sin recirculación con medio de soporte en PVC para el tratamiento de aguas residuales combinadas (domésticas y pecuarias) los datos de conductividad tanto del afluente como del efluente tienen valores que oscilan entre $130 \mu\text{S}/\text{cm}$ a $625 \mu\text{S}/\text{cm}$ para el caso de afluente, y $132 \mu\text{S}/\text{cm}$ a $732 \mu\text{S}/\text{cm}$ para el caso del efluente. Sin embargo, es importante resaltar que la disminución de las

concentraciones durante el proceso de salida con respecto a las de entrada se debe al proceso de filtración, el cual reduce la concentración de sales presentes en el agua residual del afluente según los datos obtenidos se nota una ligera reducción de la conductividad esto debido a que hay una buena remoción de DBO evitando las concentraciones altas de sales disueltas.

Con respecto al pH de mayor promedio es la del filtro 07 con 7.84, variando entre 8.30 a 8.43 al 95% de confianza y la menor de estas es el filtro 01 con 8.09, variando entre 8.09 a 8.22. se puede observar una gran estabilidad en los valores de pH, caso contrario a lo que ocurre para los porcentajes de remoción, donde la variación es bastante alta, y aunque la mayoría de las remociones superiores al 64% en DBO y 7% en SDT se encuentra en valores de ph comprendidos entre 7 y 8 .5, lo que indica que este rango es el más adecuado para el crecimiento microbiano en los filtros percoladores, al no evidenciar una relación directa entre las dos variables evaluadas, se concluye que el ph no afecta significativamente al proceso analizado en esta investigación.

Con respecto a la T(°C), mayor promedio es la del filtro 09 con 17.11°C, variando entre 18.20 a 20.60°C al 95% de confianza y la menor de estas es el filtro 07 con 16.62, variando entre 17.90 a 19.70°C. donde temperatura es un parámetro importante en las plantas de tratamiento de las aguas residuales por su efecto sobre la operación y procesos de tratamiento ya que modifica la concentración de oxígeno disuelto y las velocidades de las reacciones químicas y de la actividad microbiana. La temperatura óptima para la actividad microbiana es de 25 a 35°C mayor a 50 la digestión

aeróbica y nitrificación se suspende y menor a 15 la digestión metalogénica es muy lenta.

Según el objetivo específico, la eficiencia de los filtros percolador utilizando como medio filtrante grava en la remoción de DBO y SDT, obteniendo como resultado la eficiencia de mayor promedio es la del filtro N°08 con 36%, variando de 63% al 80% con un THR 7.8 Hr y la menor de estas del filtro N°07 con 28% variando de 52% al 64% THR 12,18 Hr. y obteniendo un 33% de eficiencia en DBO y 3 % en SDT, datos al ser comparados con lo encontrado según (Galindo et al, 2016) El FB se evaluó con diferentes cargas orgánicas, siendo los tiempos de retención hidráulicos (TRH) estudiados: 12,85; 10,71; 8,57 y 6,43h. Las mejores eficiencias de remoción de materia orgánica se obtuvieron a TRH de 10,71h, registrando remociones de DQOT, DQOS y DBO 5 en el orden de 51,5; 48,6 y 39,2%. Para los filtros con medio filtrante grava se obtuvo mayor eficiencia con el THR DE 7.8 Hr. Por otro lado, se la diferencia del tiempo de retención celular que requieren los diversos microorganismos que intervienen en dicha remoción; contar con bajos tiempos de retención ocasiona una baja tasa de crecimiento de las bacterias y valores de THR alto tienden a tener estructuras más anchas y largas ocasionando la inadecuada distribución del caudal y puntos secos en los filtros viendo en el sistema de tratamiento de estudio una variación entres ellos ocasionados por la variación de caudal.

Según el objetivo específico, la eficiencia de los filtros percolador utilizando como medio filtrante carbón vegetal en la remoción de DBO y SDT, obteniendo como resultado la eficiencia de mayor promedio es la del filtro N°03 con 46%, variando de 62% al 78% con un THR 12.18 Hr y la menor

de estas del filtro N°01 con 31% variando de 57% al 67% THR 5.85 Hr. y obteniendo un 41% de eficiencia en DBO y 8 % en SDT. datos al ser comparados con lo encontrado según (Galindo et al, 2016) El FB se evaluó con diferentes cargas orgánicas, siendo los tiempos de retención hidráulicos (TRH) estudiados: 12,85; 10,71; 8,57 y 6,43h. Las mejores eficiencias de remoción de materia orgánica se obtuvieron a TRH de 10,71h, registrando remociones de DQOT, DQOS y DBO 5 en el orden de 51,5; 48,6 y 39,2%. Para los filtros con medio filtrante carbón vegetal se obtuvo mayor eficiencia con el THR DE 12.18 Hr. Se acepta que a THR bajos como en el Filtro N°1 no es suficiente su THR debiendo ser mayor para su crecimiento de bacterias y las eficiencias obtenidas en los filtros de THR de 12.18 y 7.8 para el medio filtrante de carbón vegetal son similares no aceptando que valores de THR alto tienden a tener estructuras más anchas y largas ocasionando la inadecuada distribución del caudal y puntos secos.

VI. Conclusiones

- En este trabajo se determinó la eficiencia del filtro de percolador utilizando como medio filtrante grava y carbón vegetal en la remoción de DBO y Solidos Disueltos Totales resultando con una eficiencia del 38 % en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y un 6 % en los disueltos totales (SDT), en promedio de todos los filtros percoladores, haciendo que todos los filtros realizan una buena remoción en términos de DBO y SDT.
- En este trabajo se determinó la eficiencia del filtro de percolador utilizando como medio filtrante grava en la remoción de DBO y Solidos Disueltos Totales resultando el filtro N°08 con mayor eficiencia promedio de DBO del 35% variando de 63% a 80% y SDT 2% variando de 6% al 11% con un THR 7.8 Hr., a una densidad de 1.590 (gr/cm³) en volumen de trabajo a 0.16 (m³) lo más difícil en determinar la eficiencia del filtro percolador con medio filtrante grava fue que las eficiencias de remoción de DBO en los filtros con medio filtrante de grava debieron ser más significativos si se hubiera mantenido un caudal constante para todos, ya que se nota en algunas unidades una disminución progresiva en su eficiencia debido al incremento gradual de su caudal de ingreso.
- En este trabajo se determinó la eficiencia del filtro de percolador utilizando como medio filtrante carbón vegetal en la remoción de DBO y Solidos Disueltos Totales resultando el filtro N.º 03 con mayor eficiencia promedio de DBO del 46% variando de 62% a 78% y SDT 18% con un THR 12.18 Hr., a una densidad de 0.580 (gr/cm³) en volumen de trabajo a 0.25 (m³) lo más difícil en determinar la eficiencia del filtro percolador con medio filtrante carbón vegetal fue que las eficiencias de remoción de DBO en los

filtros con medio filtrante de Carbón vegetal debieron ser más significativos si se hubiera mantenido un caudal constante.

- Los filtros percoladores fueron estudiados con condiciones similares de Temperatura, Ph, Conductividad, TRH, pero a un caudal ligeramente variado, en medida de eficiencia en remoción difirió en 38% a favor del carbón vegetal, haciendo que este por su densidad y su área superficial y de su fácil traslado y menor peso ejercido en la unidad de filtración respecto a un mismo volumen ocupado por la grava, lo convierte en una alternativa de medio filtrante, lo más difícil en determinar la eficiencia del filtro percolador utilizando fue mantener un caudal constante durante los 4 meses de investigación.
- El carbón vegetal puede ser utilizadas como medio filtrante en el tratamiento, debido a que estas presentaron alta porosidad y resistencia en su estructura permitiendo la adherencia de la biopelícula.
- Los filtros percoladores al ser ejecutados a escala piloto se desear obtener una madures óptima y eficiencias deseadas para su aplicación. En base a esta definición, el sistema de tratamiento desarrollado y evaluado en esta investigación alcanza los niveles deseados para su aplicabilidad. Debido que se obtuvieron niveles de remoción de la DBO máxima llega sobre 60 % y obteniendo una ligera remoción de los SDT.

VII. Referencia bibliográfica

- Agua, C. N. (2019). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Procesos de Oxidación Bioquímica con Biomasa Fija*. Tlalpan, México, D.F.: Comisión Nacional del agua.
- Almeyda, Z. C. (2007). *Tratamiento Alternativo de Aguas Residuales Domésticas Mediante Filtros Consecutivos para Poblaciones Rurales*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Ávila, T. E. (2017). *Determinación de la Eficiencia de Tratamiento del Efluente de un Reactor Anaerobio Mediante Sistemas de Dos Filtros Anaerobios Utilizando Polipropileno y Grava como Medios Filtrantes*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- CÁCERES, J. O. (2010). *IMPLEMENTACIÓN DE MATERIAL DE DESECHO PET COMO ELEMENTO FILTRANTE EN FILTROS BIOLÓGICOS*. Guatemala: UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA.
- CERDA, A. R. (2018). *DETERMINACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TANQUE SÉPTICO Y FILTRO BIOLÓGICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE JIVIA – DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO*. HUARAZ: UNIVERSIDAD NACIONAL “SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO” .
- CONAGUA, C. N. (2019). *Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Procesos de Oxidación Bioquímica con Biomasa Fija*. México: Comisión Nacional del Agua.
- Droste, R. (1997). *Theory and practice of water and wastewater*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Ecología, I. N. (1985). *Programa de capacitación para operadores de plantas de tratamiento operación y mantenimiento de sistemas de lodos activados*. MEXICO: La impresora Azteca.

- España et al, L. L. (2017). *Sistemas aerobios adheridos: Filtros percoladores*. Cali: Universidad del Valle.
- FAO. (25 de octubre de 1983). *Capítulo 10 USO EFICIENTE DEL CARBON VEGETAL*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2018, de Capítulo 10 USO EFICIENTE DEL CARBON VEGETAL.: <http://www.fao.org/docrep/X5328S/X5328S11.htm>
- Galindo et al, .. A. (2016). Evaluación de un filtro biológico como unidad de post-tratamiento de aguas residuales utilizando conchas marinas como material de soporte. *Universidad Industrial de Santander, Revista ION*, vol. 29, núm. 2, 2016, pp. 39-50.
- Gerardo, G. (2001). “*Periodo de maduración: efecto de la limpieza de la biomenbrana en un filtro lento*”. CEPIS OPS-OMS: congreso brasileiro de engenharia sanitaria e ambiental.
- HANNA. (25 de marzo de 2019). *HANNA instrument*. Recuperado el 15 de enero de 2020, de <https://www.hannainst.es/blog/79/conductividad-y-solidos-disueltos>
- Hernández et al., S. R. (2014). *Metodología de la Investigación. 6ta Edición* (6ta ed.). Mexico: McGRAW-HILL.
- Jiménez, N. M. (2016). *Evaluacion de un Filtro Artesanal del Efluente de una Lavadora de Autos a Bases de Bagazo de Caña de Maiz, Aserrin y Cenizas de Carbon Vegetal y Grava*. Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Ladino et al., Y. T. (2016). Evaluación de un filtro percolador sin recirculación con medio de soporte en PVC para el tratamiento de aguas residuales combinadas (domésticas y pecuarias). *I+D Revista de Investigaciones*, 38-48.
- Leon, L. R. (1995). *Evaluacion de un filtro no convencional a escala piloto*. Lima: UNI.

- Mendonca, S. R. (2000). *Sistemas de lagunas de estabilización, como utilizar las aguas residuales tratadas en sistemas de regadío*. Bogotá: Editorial McGraw-Hill.
- Metcalf & Eddy, I. (1995). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización. Volumen I. Tercera edición* (Tercera ed., Vol. I). Madrid: McGraw-Hill.
- Obdulio, C. J. (2010). *Implementación de Material de Desecho PET como Elemento Filtrante en Filtros Biológicos*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ramalho, R. (1996). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. Canadá: Reverté S.A .
- Ramalho, R. S. (1983). *Tratamiento de Aguas Residuales*. New York, USA: Editorial Reverté.
- Ríos, A. R. (2019). *Estadística inferencial. Elección de una prueba estadística no paramétrica en investigación científica*. huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- RNE, O. (2006). Obras de Saneamiento. *El peruano*.
- Roberto Hernandez- Sampieri et al., C. P. (2014). *Metodologías de la investigación . Las rutas cualitativa, cuantitativa y mixta*. Ciudad de México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C. V.
- Rojas, R. J. (1999). *Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Saneamiento., O. d. (2013). Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Efluentes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales - PTAR. *MCVS.*, 16.
- Willians, A. s. (208). Estadística para administración y economía. En A. s. Willians, *Estadística para administración y economía* (pág. 825). Mexico: cengage learning editores.

Yenny Tatiana Romero Ladino, L. F. (2016). *Evaluación de un filtro percolador sin recirculación con medio de soporte en PVC para el tratamiento de aguas residuales combinadas (domésticas y pecuarias)*. Bogotá, Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

YUCRA, R. R. (2016). *INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA MEDIANTE EL PROCESO DE FILTRO PERCOLADOR PARA EL DISTRITO DE TARACO, PROVINCIA DE HUANCANE, REGION PUNO*. JULIACA: UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" .

ANEXOS



PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía N°1: Trazo y replanteo para construcción del sistema de tratamiento.



Fotografía N°2: Excavación de los filtros percoladores.



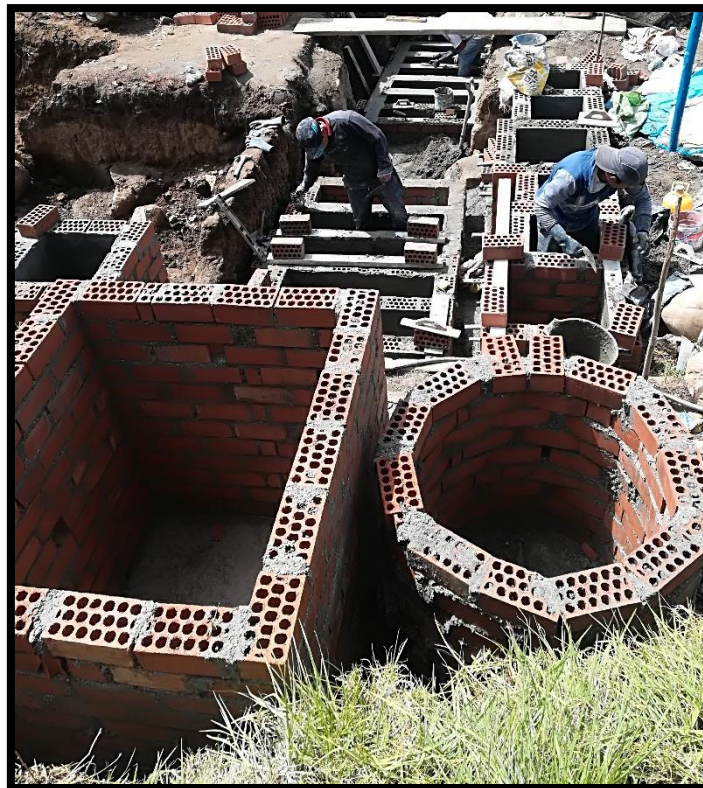
Fotografía N°3: Voladuras de rocas para la construcción del sistema.



Fotografía N°4: Vaciado de concreto para los sedimentadores primarios.



Fotografía N°5: Vaciado de concreto para los filtros percoladores.



Fotografía N°6: Asentamiento de ladrillo para sedimentadores primarios y filtros percoladores.



Fotografía N°7: Tarrajeo de filtros percoladores.



Fotografía N°8: Pintado de los filtros percoladores.



Fotografía N°9: Colocación de vertederos de plancha galvanizada en el ingreso de los filtros percoladores.



Fotografía N°10: Verificación de las instalaciones de tuberías y un flujo de AARR por gravedad.



Fotografía N°11: Adquisición del carbón vegetal y grava.



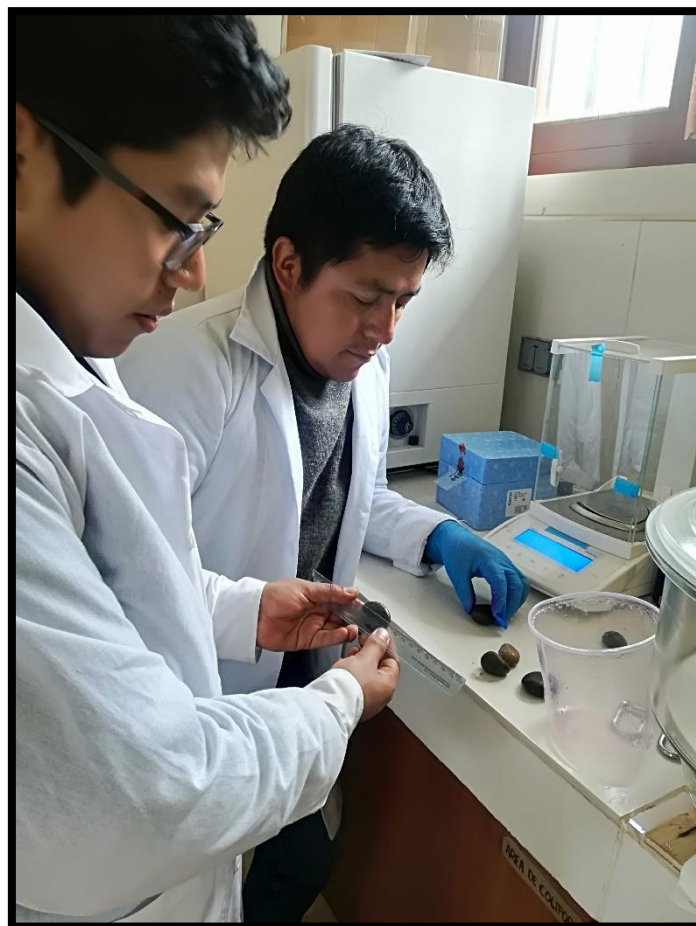
Fotografía N°12: Lavado y tamizado del carbón vegetal.



Fotografía N°13: Carbón vegetal con diámetro de 2" aproximado.



Fotografía N°14: Llenado del medio filtrante de carbón vegetal y grava.



Fotografía N°15: Medición y pesado de los medios filtrantes.



Fotografía N°16: Colación de las tuberías de distribución en los filtros.



Fotografía N°17: Instalación de tuberías de salida del agua tratada.



Fotografía N°18: Destilación de agua para determinar la DBO.



Fotografía N°18: Medición de la conductividad y temperatura semanalmente en campo.



Fotografía N°19: Medición del pH semanalmente en el campo.



Fotografía N°20: Medición del caudal de ingreso al sistema de tratamiento y en los filtros percoladores.



Fotografía N°21: Toma de muestra en las entradas y salidas del filtro para ser analizadas.



Fotografía N°22: Rotulado de muestras de los tres primeros filtros con los parámetros a ser analizado.



Fotografía N°23: Rotulado de muestras de los demás filtros con los parámetros a ser analizado.



Fotografía N°24: Medición de la DBO en el día cero y en el día 5.



Fotografía N°25: Rotulado de las botellas winkler.



Fotografía N°26: Ingreso de las botellas Winkler a la incubadora por 5 días.



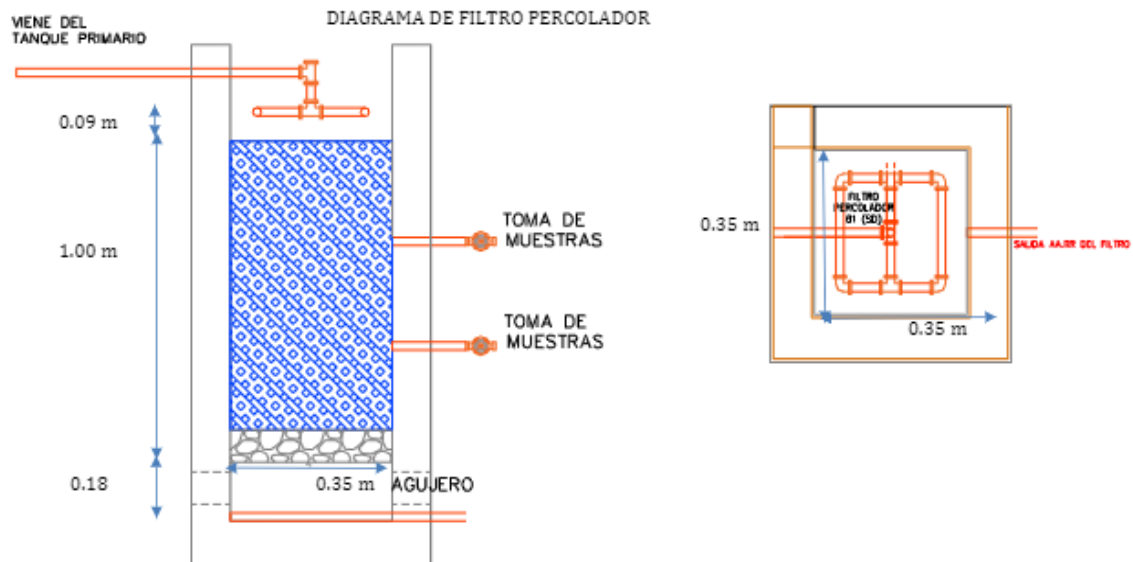
Fotografía N°27: Lavado de los instrumentos utilizados para el análisis de los parámetros y toma de muestra.

EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019

DISEÑO DE FILTRO N°1, N°4 Y N°9

DATOS	CANTIDADES	
1.-DBO5 de ingreso	DBO5(i)-	150.00 mg/l
2.-DBO5 de salida	DBO5(f)-	38.79 mg/l
3.-Profundidad util	H=	1.00 m
4.- POBLACION FUTURA (habitantes)	Pf=	16.00 Hab
5.- DOTACION (LT/HAB/DIA)	D=	100 Lt/Hab/Dia
6.-Tasa de recirculacion	R=	0
7.-Temperatura del proyecto	T=	15 °C
8.-Coeficiente de temperatura	C=	1.035
9.-Numero de unidades	N=	1

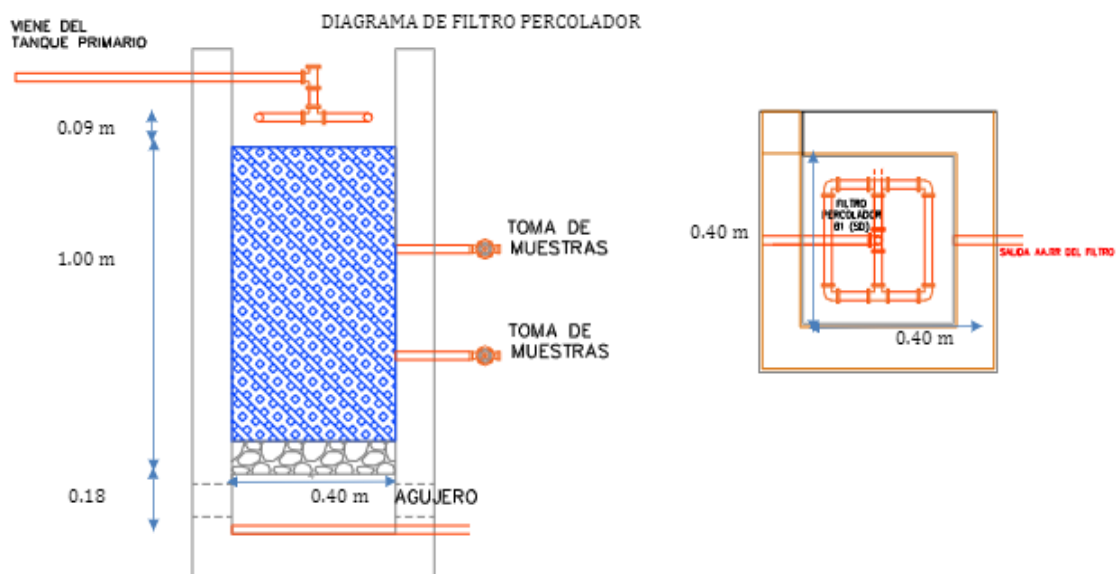
DATOS	CRITERIO	CALCULO	RESULTADO
Caudal	$Q = 0.8 \times Pf \times \frac{D}{1000}$	Q =	1.280 m ³ /d <i>Caudal proveniente del sedimentador primario</i>
Caudal Unitario	$Qu = \frac{Q}{3}$	Qu=	0.427 m ³ /d <i>Caudal de diseño para cada filtro</i>
		Qu=	0.005 l/s
Eficiencia solicitada	$E = \frac{DBO5(i) - DBO5(f)}{DBO5(i)}$	E=	0.741 <i>Eficiencia del sistema solicitada</i>
		E(%) = E × 100	E=
Carga organica	$W = DBO5(i) \times Qu \times 0.0864$	W=	0.064 kg/d <i>Carga organica en filtros</i>
Factor de recirculacion: F	$F = \frac{1 + R}{(1 + \frac{R}{10})^2}$	F=	1.00 <i>Factor de recirculacion</i>
Volumen total del FP a 20 °C	$V = \frac{W}{F} \times (\frac{0.443 \times E}{1 - E})^2$	V=	0.103 m ³ <i>Volumen del medio filtrante</i>
Volumen total del FP a la temperatura del proyecto	$Vf = \frac{V}{C^{(T-20)}}$	Vf=	0.123 m ³ <i>Volumen final del filtro</i>
Volumen por cada FP a la temperatura del proyecto	$Vu = \frac{Vf}{N}$	Vu=	0.123 m ³ <i>Volumen unitario de filtro</i>
Area por cada FP	$Ar = \frac{Vu}{H}$	Ar=	0.123 m ² <i>Area del filtro</i>
Largo y Ancho de cada FP	$L - A = Ar^{0.5}$	L-A=	0.35 m <i>Relacion ancho largo</i>
Diametro de cada FP	$D = (\frac{4 \times Vu}{3.141592/H})^2$	D=	0.40 m <i>Diametro de filtro</i>
Carga hidraulica superficial	$Chs = (1 + R) \times \frac{Qu}{N/Ar}$	Chs=	3.481 m ³ /m ² /d <i>Carga hidraulica superficial</i>
Carga organica volumetrica	$Cov = \frac{DBO5(i) \times Qu}{N \times \frac{Vu}{1000}}$	Cov=	0.522 kg/m ³ /d <i>Carga organica volumetrica</i>



DISEÑO DE FILTRO N°2, N°5 Y N°8

DATOS	CANTIDADES	
1.-DBO5 de ingreso	DBO5(i)-	150.00 mg/l
2.-DBO5 de salida	DBO5(f)-	35.09 mg/l
3.-Profundidad util	H=	1.00 m
4.- POBLACION FUTURA (habitantes)	Pf=	16.00 Hab
5.- DOTACION (LT/HAB/DIA)	D=	100 Lt/Hab/Dia
6.-Tasa de recirculacion	R=	0
7.-Temperatura del proyecto	T=	15 °C
8.-Coeficiente de temperatura	C=	1.035
9.-Numero de unidades	N=	1

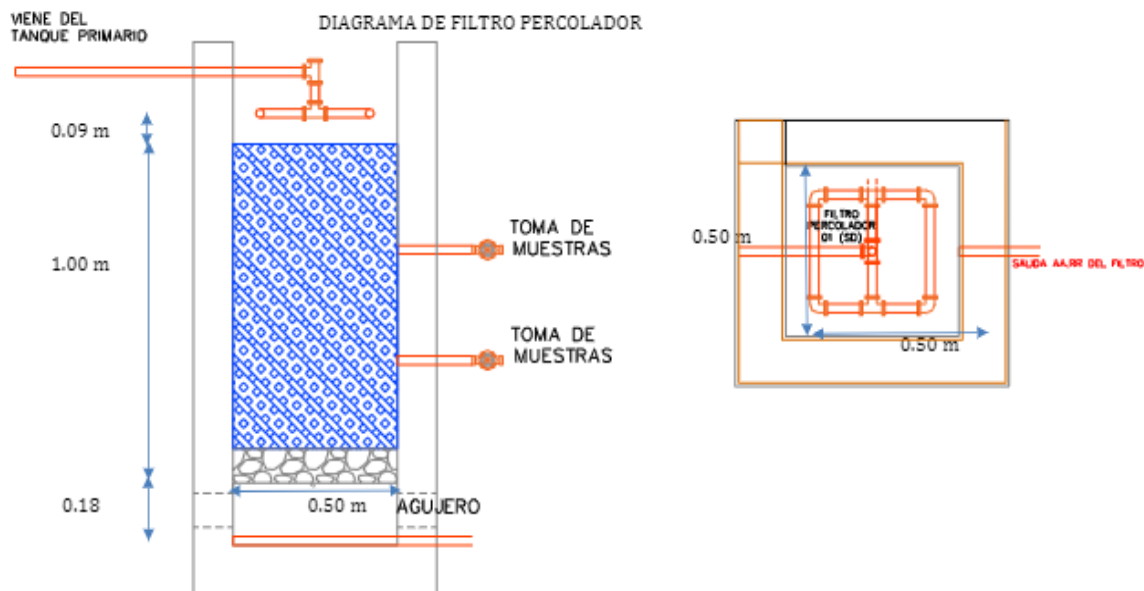
DATOS	CRITERIO	CALCULO		RESULTADO
Caudal	$Q = 0.8 \times Pf \times \frac{D}{1000}$	Q =	1.280 m³/d	Caudal proveniente del sedimentador primario
Caudal Unitario	$Qu = \frac{Q}{3}$	Qu=	0.427 m³/d	Caudal de diseño para cada filtro
		Qu=	0.005 l/s	
Eficiencia solicitada	$E = \frac{DBO5(i) - DBO5(f)}{DBO5(i)}$	E=	0.766	Eficiencia del sistema solicitada
		E(%) = E × 100	E=	
Carga organica	$W = DBO5(i) \times Qu \times 0.0864$	W=	0.064 kg/d	Carga organica en filtros
Factor de recirculacion: F	$F = \frac{1 + R}{(1 + \frac{R}{10})^2}$	F=	1.00	Factor de recirculacion
Volumen total del FP a 20 °C	$V = \frac{W}{F} \times (\frac{0.443 \times E}{1 - E})^2$	V=	0.135 m³	Volumen del medio filtrante
Volumen total del FP a la temperatura del proyecto	$Vf = \frac{V}{C^{(T-20)}}$	Vf=	0.160 m³	Volumen final del filtro
Volumen por cada FP a la temperatura del proyecto	$Vu = \frac{Vf}{N}$	Vu=	0.160 m³	Volumen unitario de filtro
Area por cada FP	$Ar = \frac{Vu}{H}$	Ar=	0.160 m²	Area del filtro
Largo y Ancho de cada FP	$L - A = Ar^{0.5}$	L-A=	0.40 m	Relacion ancho largo
Diametro de cada FP	$D = (\frac{4 \times Vu}{3.141592/H})^2$	D=	0.45 m	Diametro de filtro
Carga hidraulica superficial	$Chs = (1 + R) \times \frac{Qu}{N/Ar}$	Chs=	2.666 m³/m²/d	Carga hidraulica superficial
Carga organica volumetrica	$Cov = \frac{DBO5(i) \times Qu}{\frac{Vu}{1000}}$	Cov=	0.400 kg/m³/d	Carga organica volumetrica



DISEÑO DE FILTRO N°3, N°6 Y N°7

DATOS	CANTIDADES	
1.-DBO5 de ingreso	DBO5(i)-	150.00 mg/l
2.-DBO5 de salida	DBO5(f)-	29.45 mg/l
3.-Profundidad util	H=	1.00 m
4.- POBLACION FUTURA (habitantes)	Pf=	16.00 Hab
5.- DOTACION (LT/HAB/DIA)	D=	100 Lt/Hab/Dia
6.-Tasa de recirculacion	R=	0
7.-Temperatura del proyecto	T=	15 °C
8.-Coeficiente de temperatura	C=	1.035
9.-Numero de unidades	N=	1

DATOS	CRITERIO	CALCULO		RESULTADO
Caudal	$Q = 0.8 \times Pf \times \frac{D}{1000}$	Q =	1.280 m ³ /d	Caudal proveniente del sedimentador primario
Caudal Unitario	$Qu = \frac{Q}{3}$	Qu=	0.427 m ³ /d	Caudal de diseño para cada filtro
		Qu=	0.005 l/s	
Eficiencia solicitada	$E = \frac{DBO5(i) - DBO5(f)}{DBO5(i)}$	E=	0.804	Eficiencia del sistema solicitada
		E(%) = E × 100	E=	
Carga organica	$W = DBO5(i) \times Qu \times 0.0864$	W=	0.064 kg/d	Carga organica en filtros
Factor de recirculacion: F	$F = \frac{1 + R}{(1 + \frac{R}{10})^2}$	F=	1.00	Factor de recirculacion
Volumen total del FP a 20 °c	$V = \frac{W}{F} \times (\frac{0.443 \times E}{1 - E})^2$	V=	0.211 m ³	Volumen del medio filtrante
Volumen total del FP a la temperatura del proyecto	$Vf = \frac{V}{C^{(T-20)}}$	Vf=	0.250 m ³	Volumen final del filtro
Volumen por cada FP a la temperatura del proyecto	$Vu = \frac{Vf}{N}$	Vu=	0.250 m ³	Volumen unitario de filtro
Area por cada FP	$Ar = \frac{Vu}{H}$	Ar=	0.250 m ²	Area del filtro
Largo y Ancho de cada FP	$L - A = Ar^{0.5}$	L-A=	0.50 m	Relacion ancho largo
Diametro de cada FP	$D = (\frac{4 \times Vu}{3.141592/H})^2$	D=	0.56 m	Diametro de filtro
Carga hidraulica superficial	$Chs = (1 + R) \times \frac{Qu}{N/Ar}$	Chs=	1.706 m ³ /m ² /d	Carga hidraulica superficial
Carga organica volumetrica	$Cov = \frac{DBO5(i) \times Qu}{\frac{Vu}{1000}}$	Cov=	0.256 kg/m ³ /d	Carga organica volumetrica



EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019

Condiciones Fisico Quimica		PH		CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$)	
COVARIABLES		X21-3	Y11-2	X21-5	Y11-4	X21-4	Y11-3
SEMANA	Filtro	pHa	pHe	CONDUCTIVIDAD (a)	CONDUCTIVIDAD (e)	TEMPERATURA (a)	TEMPERATURA (e)
Semana 1	Filtro 1	7.79	7.36	648	635	15.9	15.3
	Filtro 2	7.79	7.40	648	605	15.9	16.0
	Filtro 3	7.79	7.43	648	531	15.9	16.4
	Filtro 4	7.81	7.80	677	527	16.3	16.0
	Filtro 5	7.81	7.80	677	543	16.3	16.1
	Filtro 6	7.81	7.43	677	501	16.3	16.2
	Filtro 7	7.86	7.72	560	604	16.2	16.0
	Filtro 8	7.86	7.70	560	620	16.2	16.3
	Filtro 9	7.86	7.30	560	613	16.2	15.8
Semana 2	Filtro 1	7.51	7.36	454	586	16.4	16.0
	Filtro 2	7.51	7.43	454	523	16.4	16.4
	Filtro 3	7.51	7.45	454	555	16.4	15.8
	Filtro 4	7.41	7.56	478	435	16.2	16.4
	Filtro 5	7.41	7.63	478	534	16.2	15.5
	Filtro 6	7.41	7.64	478	567	16.2	15.3
	Filtro 7	7.45	7.60	521	442	16.3	15.5
	Filtro 8	7.45	7.55	521	495	16.3	15.3
	Filtro 9	7.45	7.56	521	528	16.3	15.4
Semana 3	Filtro 1	7.72	7.71	504	482	17.4	19.5
	Filtro 2	7.72	7.62	504	476	17.4	17.0
	Filtro 3	7.72	7.71	504	482	17.4	16.9
	Filtro 4	7.61	7.62	482	467	17.8	16.9
	Filtro 5	7.61	7.71	482	507	17.8	17.4
	Filtro 6	7.61	7.83	482	485	17.8	17.0
	Filtro 7	7.65	7.97	463	505	16.8	16.8
	Filtro 8	7.65	7.62	463	514	16.8	16.7
	Filtro 9	7.65	7.61	463	515	16.8	17.0
Semana 4	Filtro 1	7.62	7.45	504	503	14.9	15.4
	Filtro 2	7.62	7.50	504	453	14.9	14.9
	Filtro 3	7.62	7.00	504	518	14.9	15.1
	Filtro 4	7.62	7.00	504	523	14.9	15.9
	Filtro 5	7.65	7.20	518	470	14.8	14.5
	Filtro 6	7.65	7.30	518	475	14.8	14.9
	Filtro 7	7.61	7.75	516	492	14.6	14.4
	Filtro 8	7.61	7.77	516	510	14.6	15.4
	Filtro 9	7.61	7.75	516	484	14.6	16.5
Semana 5	Filtro 1	7.54	7.58	623	583	17.1	16.8
	Filtro 2	7.54	7.71	623	586	17.1	17.8
	Filtro 3	7.54	7.74	623	610	17.1	16.7
	Filtro 4	7.77	7.31	605	604	17.5	17.5
	Filtro 5	7.77	7.69	605	552	17.5	17.8
	Filtro 6	7.77	7.58	605	567	17.5	17.5
	Filtro 7	7.59	7.84	615	593	17.7	17.4
	Filtro 8	7.59	7.58	615	573	17.7	17.4
	Filtro 9	7.59	7.20	615	579	17.7	17.8
Semana 6	Filtro 1	7.25	7.18	583	550	18.1	17.6
	Filtro 2	7.25	7.35	583	628	18.1	17.6
	Filtro 3	7.25	7.40	583	500	18.1	17.5
	Filtro 4	7.00	7.48	586	560	18.0	18.1
	Filtro 5	7.00	7.30	586	580	18.0	18.4
	Filtro 6	7.00	7.35	586	584	18.0	17.0
	Filtro 7	7.40	7.58	534	535	18.1	17.1
	Filtro 8	7.40	7.48	534	570	18.1	17.8
	Filtro 9	7.40	7.40	534	538	18.1	18.4

EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019

Condiciones Fisico Quimica		PH		CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$)	
COVARIABLES		X21-3	Y11-2	X21-5	Y11-4	X21-4	Y11-3
SEMANA	Filtro	pHa	pHe	CONDUCTIVIDAD (a)	CONDUCTIVIDAD (e)	TEMPERATURA (a)	TEMPERATURA (e)
Semana 7	Filtro 1	6.59	7.14	564	584	19.6	18.3
	Filtro 2	6.59	7.35	564	487	19.6	19.5
	Filtro 3	6.59	6.82	564	473	19.6	19.6
	Filtro 4	6.82	6.82	482	513	19.7	19.6
	Filtro 5	6.82	7.61	482	482	19.7	19.6
	Filtro 6	6.82	7.41	482	489	19.7	19.8
	Filtro 7	6.97	7.23	542	505	19.6	19.7
	Filtro 8	6.97	7.12	542	527	19.6	20.2
	Filtro 9	6.97	7.17	542	516	19.6	20.6
Semana 8	Filtro 1	7.93	7.93	494	458	16.6	17.0
	Filtro 2	7.93	7.97	494	480	16.6	16.9
	Filtro 3	7.93	7.91	494	465	16.6	16.7
	Filtro 4	7.94	7.93	500	499	16.6	16.6
	Filtro 5	7.94	7.93	500	494	16.6	16.6
	Filtro 6	7.94	7.98	500	493	16.6	16.5
	Filtro 7	7.93	7.91	493	495	16.5	16.6
	Filtro 8	7.93	7.93	493	514	16.5	16.7
	Filtro 9	7.93	7.94	493	515	16.5	16.8
Semana 9	Filtro 1	7.88	7.14	645	621	18.4	16.5
	Filtro 2	7.88	7.35	645	720	18.4	18.0
	Filtro 3	7.88	8.14	645	587	18.4	16.4
	Filtro 4	7.76	8.16	620	582	18.1	16.2
	Filtro 5	7.76	8.27	620	571	18.1	16.1
	Filtro 6	7.76	8.15	620	571	18.1	16.5
	Filtro 7	7.74	8.43	664	650	18.0	16.3
	Filtro 8	7.74	8.20	664	652	18.0	17.2
	Filtro 9	7.74	8.21	664	653	18.0	16.9
Semana 10	Filtro 1	8.03	8.22	590	572	17.9	17.8
	Filtro 2	8.03	8.20	590	568	17.9	17.9
	Filtro 3	8.03	8.11	590	537	17.9	18.2
	Filtro 4	8.02	8.33	609	579	17.8	17.9
	Filtro 5	8.02	8.20	609	634	17.8	17.9
	Filtro 6	8.02	8.27	609	605	17.8	18.1
	Filtro 7	8.16	8.09	597	614	17.6	17.9
	Filtro 8	8.16	8.18	597	614	17.6	17.5
	Filtro 9	8.16	7.83	597	564	17.6	17.9
Semana 11	Filtro 1	7.66	8.14	550	533	16.7	15.9
	Filtro 2	7.66	8.33	550	537	16.7	14.5
	Filtro 3	7.66	8.02	550	520	16.7	15.6
	Filtro 4	7.72	8.20	512	507	17.1	15.2
	Filtro 5	7.72	8.10	512	509	17.1	15.5
	Filtro 6	7.72	8.11	512	502	17.1	15.4
	Filtro 7	7.78	8.36	583	582	17.0	15.6
	Filtro 8	7.78	8.25	583	598	17.0	15.8
	Filtro 9	7.78	8.03	583	582	17.0	16.5
Semana 12	Filtro 1	8.03	8.09	604	501	18.7	17.4
	Filtro 2	8.05	8.16	604	526	18.7	16.4
	Filtro 3	8.14	8.10	604	555	18.7	16.7
	Filtro 4	8.09	8.05	515	532	18.7	17.3
	Filtro 5	8.10	8.12	515	534	18.7	17.2
	Filtro 6	8.10	8.15	515	514	18.7	17.0
	Filtro 7	8.23	8.30	585	592	18.4	17.3
	Filtro 8	8.30	8.24	585	624	18.4	17.1
	Filtro 9	8.15	8.20	585	590	18.4	17.3

EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019

Condiciones Fisico Quimica		PH		CONDUCTIVIDAD ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$)	
COVARIABLES		X21-3	Y11-2	X21-5	Y11-4	X21-4	Y11-3
SEMANA	Filtro	pHa	pHe	CONDUCTIVIDAD (a)	CONDUCTIVIDAD (e)	TEMPERATURA (a)	TEMPERATURA (e)
Semana 13	Filtro 1	7.50	7.78	503	425	15.9	14.0
	Filtro 2	7.50	7.71	503	330	15.9	15.8
	Filtro 3	7.50	7.86	503	371	15.9	15.7
	Filtro 4	7.68	7.94	516	439	16.2	14.2
	Filtro 5	7.68	7.87	516	430	16.2	14.3
	Filtro 6	7.68	7.68	516	462	16.2	14.5
	Filtro 7	7.85	7.67	527	527	16.7	14.4
	Filtro 8	7.85	7.51	527	520	16.7	14.8
	Filtro 9	7.85	7.71	527	549	16.7	16.4
Semana 14	Filtro 1	7.81	7.41	512	470	18.5	17.9
	Filtro 2	7.81	7.71	512	473	18.5	17.0
	Filtro 3	7.81	7.61	512	453	18.5	17.8
	Filtro 4	7.61	7.85	585	461	17.9	17.5
	Filtro 5	7.61	7.43	585	460	17.9	17.4
	Filtro 6	7.61	7.71	585	491	17.9	18.0
	Filtro 7	7.95	7.63	554	490	17.8	17.9
	Filtro 8	7.95	7.71	554	488	17.8	17.0
	Filtro 9	7.95	7.41	554	504	17.8	17.3
Semana 15	Filtro 1	7.75	7.54	550	451	17.3	14.7
	Filtro 2	7.75	7.54	550	465	17.3	14.9
	Filtro 3	7.75	7.91	550	471	17.3	14.9
	Filtro 4	7.81	7.81	535	496	16.8	14.8
	Filtro 5	7.81	7.50	535	535	16.8	14.7
	Filtro 6	7.81	7.69	535	489	16.8	14.8
	Filtro 7	7.82	7.79	546	538	17.2	14.5
	Filtro 8	7.82	7.81	546	538	17.2	14.9
	Filtro 9	7.82	7.62	546	489	17.2	14.9
Semana 16	Filtro 1	7.78	7.51	581	563	18.8	18.0
	Filtro 2	7.78	7.75	581	546	18.8	18.5
	Filtro 3	7.78	7.78	581	541	18.8	18.3
	Filtro 4	7.88	7.88	546	521	19.2	18.8
	Filtro 5	7.88	7.64	546	540	19.2	18.7
	Filtro 6	7.88	7.54	546	495	19.2	18.4
	Filtro 7	7.69	7.62	548	520	18.4	18.5
	Filtro 8	7.69	7.72	548	510	18.4	18.2
	Filtro 9	7.69	7.72	548	533	18.4	18.2

EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019

Condiciones Fisico Quimica		DBO (Mg/L)		SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (Mg/L)	
COVARIABLES		X21-1	Y21-1	X21-2	Y11-1
SEMANA	Filtro	DBO (a)	DBO (e)	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (a)	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (e)
Semana 1	Filtro 1	151	121	388.8	381.0
	Filtro 2	151	55	388.8	363.0
	Filtro 3	151	104	388.8	318.6
	Filtro 4	154	104	406.2	316.2
	Filtro 5	154	72	406.2	325.8
	Filtro 6	154	66	406.2	300.6
	Filtro 7	103	79	336.0	362.4
	Filtro 8	103	66	336.0	372.0
	Filtro 9	103	57	336.0	367.8
Semana 2	Filtro 1	232	89	272.4	351.6
	Filtro 2	232	50	272.4	313.8
	Filtro 3	232	51	272.4	333.0
	Filtro 4	129	145	286.8	261.0
	Filtro 5	129	100	286.8	320.4
	Filtro 6	129	108	286.8	340.2
	Filtro 7	124	104	312.6	265.2
	Filtro 8	124	124	312.6	297.0
	Filtro 9	124	137	312.6	316.8
Semana 3	Filtro 1	103	49	302.4	289.2
	Filtro 2	103	46	302.4	285.6
	Filtro 3	103	42	302.4	289.2
	Filtro 4	173	40	289.2	280.2
	Filtro 5	173	40	289.2	304.2
	Filtro 6	173	161	289.2	291.0
	Filtro 7	115	66	277.8	303.0
	Filtro 8	115	66	277.8	308.4
	Filtro 9	115	50	277.8	309.0
Semana 4	Filtro 1	151	186	302.4	301.8
	Filtro 2	151	92	302.4	271.8
	Filtro 3	151	63	302.4	310.8
	Filtro 4	151	105	302.4	313.8
	Filtro 5	151	95	310.8	282.0
	Filtro 6	151	77	310.8	285.0
	Filtro 7	102	86	309.6	295.2
	Filtro 8	102	95	309.6	306.0
	Filtro 9	102	94	309.6	290.4
Semana 5	Filtro 1	184	151	373.8	349.8
	Filtro 2	184	130	373.8	351.6
	Filtro 3	184	124	373.8	366.0
	Filtro 4	196	150	363.0	362.4
	Filtro 5	196	106	363.0	331.2
	Filtro 6	196	100	363.0	340.2
	Filtro 7	113	54	369.0	355.8
	Filtro 8	113	64	369.0	343.8
	Filtro 9	113	56	369.0	347.4
Semana 6	Filtro 1	172	141	349.8	330.0
	Filtro 2	172	102	349.8	376.8
	Filtro 3	172	119	349.8	300.0
	Filtro 4	182	113	351.6	336.0
	Filtro 5	182	144	351.6	348.0
	Filtro 6	182	148	351.6	350.4
	Filtro 7	135	131	320.4	321.0
	Filtro 8	135	118	320.4	342.0
	Filtro 9	135	147	320.4	322.8

EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019

Condiciones Fisico Quimica		DBO (Mg/L)		SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (Mg/L)	
COVARIABLES		X21-1	Y21-1	X21-2	Y11-1
SEMANA	Filtro	DBO (a)	DBO (e)	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (a)	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (e)
Semana 7	Filtro 1	247	199	338.4	350.4
	Filtro 2	247	161	338.4	292.2
	Filtro 3	247	93	338.4	283.8
	Filtro 4	238	143	289.2	307.8
	Filtro 5	238	141	289.2	289.2
	Filtro 6	238	104	289.2	293.4
	Filtro 7	155	198	325.2	303.0
	Filtro 8	155	119	325.2	316.2
	Filtro 9	155	120	325.2	309.6
Semana 8	Filtro 1	257	128	296.4	274.8
	Filtro 2	257	153	296.4	288.0
	Filtro 3	257	115	296.4	279.0
	Filtro 4	246	101	300.0	299.4
	Filtro 5	246	133	300.0	296.4
	Filtro 6	246	131	300.0	295.8
	Filtro 7	177	132	295.8	297.0
	Filtro 8	177	127	295.8	308.4
	Filtro 9	177	38	295.8	309.0
Semana 9	Filtro 1	339	153	387.0	372.6
	Filtro 2	339	161	387.0	432.0
	Filtro 3	339	145	387.0	352.2
	Filtro 4	280	144	372.0	349.2
	Filtro 5	280	132	372.0	342.6
	Filtro 6	280	140	372.0	342.6
	Filtro 7	138	100	398.4	390.0
	Filtro 8	138	51	398.4	391.2
	Filtro 9	138	98	398.4	391.8
Semana 10	Filtro 1	71	65	354.0	343.2
	Filtro 2	71	33	354.0	340.8
	Filtro 3	71	48	354.0	322.2
	Filtro 4	117	29	365.4	347.4
	Filtro 5	117	51	365.4	380.4
	Filtro 6	117	33	365.4	363.0
	Filtro 7	126	45	358.2	368.4
	Filtro 8	126	61	358.2	368.4
	Filtro 9	126	73	358.2	338.4
Semana 11	Filtro 1	212	112	330.0	319.8
	Filtro 2	212	102	330.0	322.2
	Filtro 3	212	75	330.0	312.0
	Filtro 4	224	152	307.2	304.2
	Filtro 5	224	124	307.2	305.4
	Filtro 6	224	127	307.2	301.2
	Filtro 7	203	125	349.8	349.2
	Filtro 8	203	61	349.8	358.8
	Filtro 9	203	121	349.8	349.2
Semana 12	Filtro 1	161	154	362.4	300.6
	Filtro 2	161	102	362.4	315.6
	Filtro 3	161	124	362.4	333.0
	Filtro 4	182	155	309.0	319.2
	Filtro 5	182	138	309.0	320.4
	Filtro 6	182	126	309.0	308.4
	Filtro 7	97	127	351.0	355.2
	Filtro 8	97	88	351.0	374.4
	Filtro 9	97	151	351.0	354.0

EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019

Condiciones Fisico Quimica		DBO (Mg/L)		SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (Mg/L)	
COVARIABLES		X21-1	Y21-1	X21-2	Y11-1
SEMANA	Filtro	DBO (a)	DBO (e)	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (a)	SOLIDOS DISUELTOS TOTALES (e)
Semana 13	Filtro 1	210	70	301.8	255.0
	Filtro 2	210	72	301.8	198.0
	Filtro 3	210	141	301.8	222.6
	Filtro 4	280	93	309.6	263.4
	Filtro 5	280	96	309.6	258.0
	Filtro 6	280	90	309.6	277.2
	Filtro 7	208	143	316.2	316.2
	Filtro 8	208	143	316.2	312.0
	Filtro 9	208	140	316.2	329.4
Semana 14	Filtro 1	253	108	307.2	282.0
	Filtro 2	253	136	307.2	283.8
	Filtro 3	253	144	307.2	271.8
	Filtro 4	241	233	351.0	276.6
	Filtro 5	241	119	351.0	276.0
	Filtro 6	241	102	351.0	294.6
	Filtro 7	213	79	332.4	294.0
	Filtro 8	213	41	332.4	292.8
	Filtro 9	213	63	332.4	302.4
Semana 15	Filtro 1	162	131	330.0	270.6
	Filtro 2	162	131	330.0	279.0
	Filtro 3	162	131	330.0	282.6
	Filtro 4	191	226	321.0	297.6
	Filtro 5	191	152	321.0	321.0
	Filtro 6	191	107	321.0	293.4
	Filtro 7	112	102	327.6	322.8
	Filtro 8	112	101	327.6	322.8
	Filtro 9	112	129	327.6	293.4
Semana 16	Filtro 1	148	296	348.6	337.8
	Filtro 2	148	128	348.6	327.6
	Filtro 3	148	61	348.6	324.6
	Filtro 4	185	106	327.6	312.6
	Filtro 5	185	108	327.6	324.0
	Filtro 6	185	115	327.6	297.0
	Filtro 7	182	101	328.8	312.0
	Filtro 8	182	73	328.8	306.0
	Filtro 9	182	73	328.8	319.8

EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019

Condiciones Físicas		CAUDAL	Area (m ²)	Profundidad (m)	Densidad (Gr/cm ³)	Volumen (m ³)
COVARIABLES		X31-2	X11-2	X11-1	X11-3	X31-1
SEMANA	Filtro	Q (L/s)	Area del medio filtrante (m ²)	Profundidad del filtro (m)	Densidad del medio filtrante (gr/cm ³)	Volumen de operación (m ³)
Semana 1	Filtro 1	0.0059	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 2	0.0049	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 3	0.0058	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 4	0.0059	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 5	0.0053	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 6	0.0059	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 7	0.0053	0.250	1.00	1.59	0.250
	Filtro 8	0.0053	0.160	1.00	1.59	0.160
	Filtro 9	0.0053	0.123	1.00	1.59	0.123
Semana 2	Filtro 1	0.0049	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 2	0.0050	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 3	0.0050	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 4	0.0037	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 5	0.0040	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 6	0.0037	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 7	0.0042	0.250	1.00	1.59	0.250
	Filtro 8	0.0043	0.160	1.00	1.59	0.160
	Filtro 9	0.0043	0.123	1.00	1.59	0.123
Semana 3	Filtro 1	0.0052	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 2	0.0057	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 3	0.0049	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 4	0.0039	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 5	0.0060	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 6	0.0060	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 7	0.0053	0.250	1.00	1.59	0.250
	Filtro 8	0.0054	0.160	1.00	1.59	0.160
	Filtro 9	0.0050	0.123	1.00	1.59	0.123
Semana 4	Filtro 1	0.0046	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 2	0.0056	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 3	0.0048	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 4	0.0058	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 5	0.0062	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 6	0.0060	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 7	0.0062	0.250	1.00	1.59	0.250
	Filtro 8	0.0063	0.160	1.00	1.59	0.160
	Filtro 9	0.0062	0.123	1.00	1.59	0.123
Semana 5	Filtro 1	0.0060	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 2	0.0060	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 3	0.0054	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 4	0.0050	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 5	0.0051	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 6	0.0049	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 7	0.0052	0.250	1.00	1.59	0.250
	Filtro 8	0.0050	0.160	1.00	1.59	0.160
	Filtro 9	0.0051	0.123	1.00	1.59	0.123
Semana 6	Filtro 1	0.0053	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 2	0.0053	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 3	0.0058	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 4	0.0050	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 5	0.0051	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 6	0.0049	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 7	0.0059	0.250	1.00	1.59	0.250
	Filtro 8	0.0060	0.160	1.00	1.59	0.160
	Filtro 9	0.0057	0.123	1.00	1.59	0.123

EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019

Condiciones Físicas		CAUDAL	Area (m ²)	Profundidad (m)	Densidad (Gr/cm ³)	Volumen (m ³)
COVARIABLES		X31-2	X11-2	X11-1	X11-3	X31-1
SEMANA	Filtro	Q (L/s)	Area del medio filtrante (m ²)	Profundidad del filtro (m)	Densidad del medio filtrante (gr/cm ³)	Volumen de operación (m ³)
Semana 7	Filtro 1	0.0058	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 2	0.0058	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 3	0.0055	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 4	0.0054	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 5	0.0055	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 6	0.0052	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 7	0.0050	0.250	1.00	1.59	0.250
	Filtro 8	0.0052	0.160	1.00	1.59	0.160
	Filtro 9	0.0051	0.123	1.00	1.59	0.123
Semana 8	Filtro 1	0.0048	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 2	0.0048	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 3	0.0060	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 4	0.0060	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 5	0.0058	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 6	0.0042	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 7	0.0063	0.250	1.00	1.59	0.250
	Filtro 8	0.0063	0.160	1.00	1.59	0.160
	Filtro 9	0.0064	0.123	1.00	1.59	0.123
Semana 9	Filtro 1	0.0063	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 2	0.0063	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 3	0.0054	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 4	0.0051	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 5	0.0052	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 6	0.0050	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 7	0.0053	0.250	1.00	1.59	0.250
	Filtro 8	0.0053	0.160	1.00	1.59	0.160
	Filtro 9	0.0053	0.123	1.00	1.59	0.123
Semana 10	Filtro 1	0.0058	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 2	0.0058	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 3	0.0054	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 4	0.0053	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 5	0.0056	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 6	0.0053	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 7	0.0051	0.250	1.00	1.59	0.250
	Filtro 8	0.0053	0.160	1.00	1.59	0.160
	Filtro 9	0.0052	0.123	1.00	1.59	0.123
Semana 11	Filtro 1	0.0064	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 2	0.0064	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 3	0.0055	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 4	0.0051	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 5	0.0052	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 6	0.0049	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 7	0.0051	0.250	1.00	1.59	0.250
	Filtro 8	0.0050	0.160	1.00	1.59	0.160
	Filtro 9	0.0052	0.123	1.00	1.59	0.123
Semana 12	Filtro 1	0.0056	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 2	0.0056	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 3	0.0055	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 4	0.0062	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 5	0.0061	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 6	0.0059	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 7	0.0058	0.250	1.00	1.59	0.250
	Filtro 8	0.0058	0.160	1.00	1.59	0.160
	Filtro 9	0.0056	0.123	1.00	1.59	0.123

EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019

Condiciones Físicas		CAUDAL	Area (m2)	Profundidad (m)	Densidad (Gr/cm3)	Volumen (m3)
COVARIABLES		X31-2	X11-2	X11-1	X11-3	X31-1
SEMANA	Filtro	Q (L/s)	Area del medio filtrante (m2)	Profundidad del filtro (m)	Densidad del medio filtrante (gr/cm3)	Volumen de operación (m3)
Semana 13	Filtro 1	0.0063	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 2	0.0063	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 3	0.0064	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 4	0.0060	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 5	0.0058	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 6	0.0059	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 7	0.0056	0.250	1.00	1.59	0.250
	Filtro 8	0.0052	0.160	1.00	1.59	0.160
	Filtro 9	0.0055	0.123	1.00	1.59	0.123
Semana 14	Filtro 1	0.0065	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 2	0.0065	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 3	0.0057	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 4	0.0062	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 5	0.0061	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 6	0.0058	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 7	0.0042	0.250	1.00	1.59	0.250
	Filtro 8	0.0043	0.160	1.00	1.59	0.160
	Filtro 9	0.0043	0.123	1.00	1.59	0.123
Semana 15	Filtro 1	0.0056	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 2	0.0056	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 3	0.0048	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 4	0.0063	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 5	0.0060	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 6	0.0062	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 7	0.0053	0.250	1.00	1.59	0.250
	Filtro 8	0.0054	0.160	1.00	1.59	0.160
	Filtro 9	0.0050	0.123	1.00	1.59	0.123
Semana 16	Filtro 1	0.0057	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 2	0.0057	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 3	0.0050	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 4	0.0060	0.123	1.00	0.58	0.123
	Filtro 5	0.0062	0.160	1.00	0.58	0.160
	Filtro 6	0.0063	0.250	1.00	0.58	0.250
	Filtro 7	0.0060	0.250	1.00	1.59	0.250
	Filtro 8	0.0058	0.160	1.00	1.59	0.160
	Filtro 9	0.0054	0.123	1.00	1.59	0.123

EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019

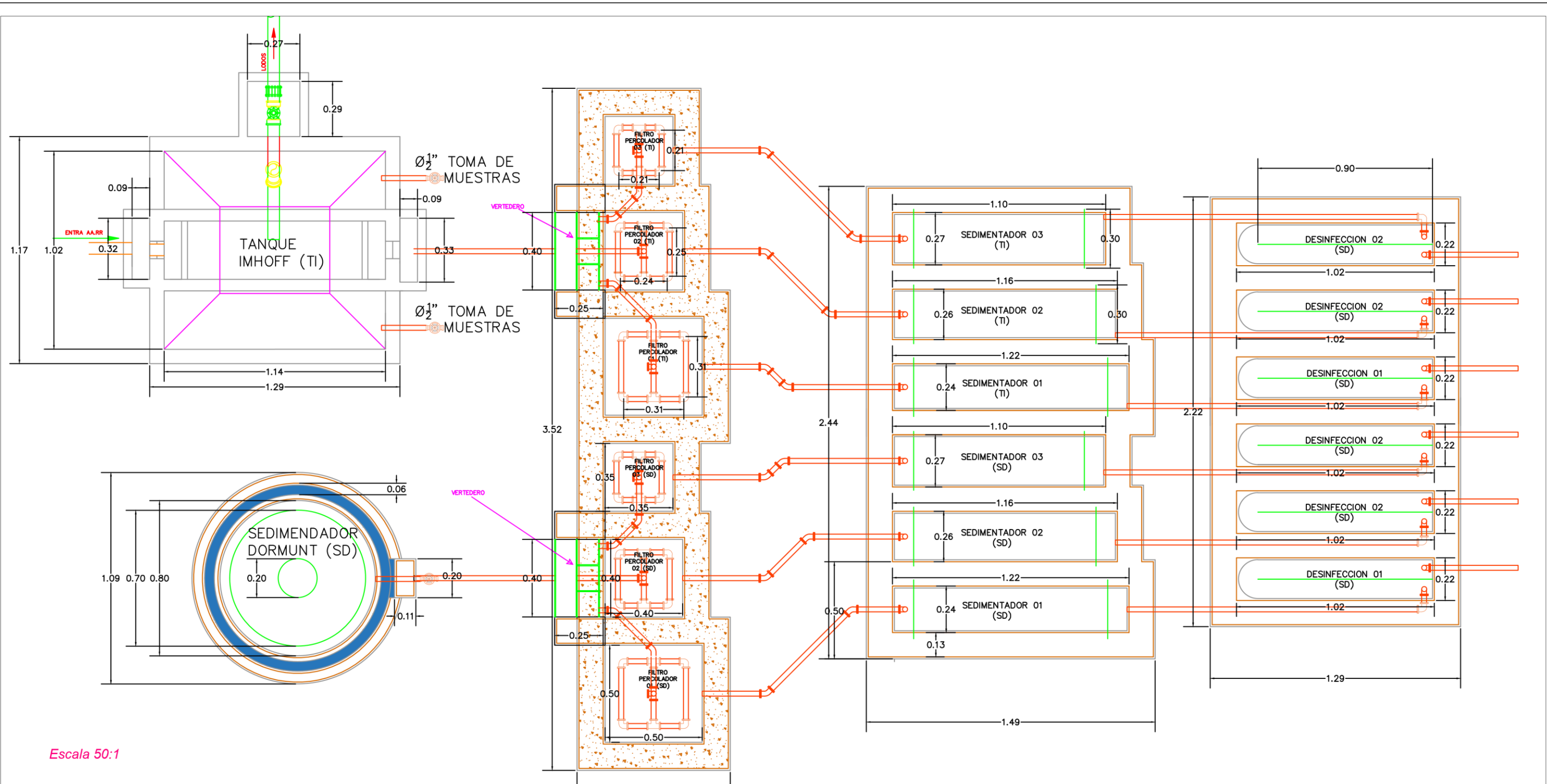
EFICIENCIAS		Eficiencia DBO (%)	Eficiencia Solidos disueltos totales (%)
SEMANA	Filtro		
Semana 1	Filtro 1	19.87%	2.01%
	Filtro 2	63.58%	6.64%
	Filtro 3	31.13%	18.06%
	Filtro 4	32.47%	22.16%
	Filtro 5	53.25%	19.79%
	Filtro 6	57.14%	26.00%
	Filtro 7	23.30%	-7.86%
	Filtro 8	35.92%	-10.71%
	Filtro 9	44.66%	-9.46%
Semana 2	Filtro 1	61.64%	-29.07%
	Filtro 2	78.45%	-15.20%
	Filtro 3	78.02%	-22.25%
	Filtro 4	-12.40%	9.00%
	Filtro 5	22.48%	-11.72%
	Filtro 6	16.28%	-18.62%
	Filtro 7	16.13%	15.16%
	Filtro 8	0.00%	4.99%
	Filtro 9	-10.48%	-1.34%
Semana 3	Filtro 1	52.43%	4.37%
	Filtro 2	55.34%	5.56%
	Filtro 3	59.22%	4.37%
	Filtro 4	76.88%	3.11%
	Filtro 5	76.88%	-5.19%
	Filtro 6	6.94%	-0.62%
	Filtro 7	42.61%	-9.07%
	Filtro 8	42.61%	-11.02%
	Filtro 9	56.52%	-11.23%
Semana 4	Filtro 1	-23.18%	0.20%
	Filtro 2	39.07%	10.12%
	Filtro 3	58.28%	-2.78%
	Filtro 4	30.46%	-3.77%
	Filtro 5	37.09%	9.27%
	Filtro 6	49.01%	8.30%
	Filtro 7	15.69%	4.65%
	Filtro 8	6.86%	1.16%
	Filtro 9	7.84%	6.20%
Semana 5	Filtro 1	17.93%	6.42%
	Filtro 2	29.35%	5.94%
	Filtro 3	32.61%	2.09%
	Filtro 4	23.47%	0.17%
	Filtro 5	45.92%	8.76%
	Filtro 6	48.98%	6.28%
	Filtro 7	52.21%	3.58%
	Filtro 8	43.36%	6.83%
	Filtro 9	50.44%	5.85%
Semana 6	Filtro 1	18.02%	5.66%
	Filtro 2	40.70%	-7.72%
	Filtro 3	30.81%	14.24%
	Filtro 4	37.91%	4.44%
	Filtro 5	20.88%	1.02%
	Filtro 6	18.68%	0.34%
	Filtro 7	2.96%	-0.19%
	Filtro 8	12.59%	-6.74%
	Filtro 9	-8.89%	-0.75%

EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019

EFICIENCIAS		Eficiencia DBO (%)	Eficiencia Solidos disueltos totales (%)
SEMANA	Filtro		
Semana 7	Filtro 1	19.43%	-3.55%
	Filtro 2	34.82%	13.65%
	Filtro 3	62.35%	16.13%
	Filtro 4	39.92%	-6.43%
	Filtro 5	40.76%	0.00%
	Filtro 6	56.30%	-1.45%
	Filtro 7	-27.74%	6.83%
	Filtro 8	23.23%	2.77%
	Filtro 9	22.58%	4.80%
Semana 8	Filtro 1	50.19%	7.29%
	Filtro 2	40.47%	2.83%
	Filtro 3	55.25%	5.87%
	Filtro 4	58.94%	0.20%
	Filtro 5	45.93%	1.20%
	Filtro 6	46.75%	1.40%
	Filtro 7	25.42%	-0.41%
	Filtro 8	28.25%	-4.26%
	Filtro 9	78.53%	-4.46%
Semana 9	Filtro 1	54.87%	3.72%
	Filtro 2	52.51%	-11.63%
	Filtro 3	57.23%	8.99%
	Filtro 4	48.57%	6.13%
	Filtro 5	52.86%	7.90%
	Filtro 6	50.00%	7.90%
	Filtro 7	27.54%	2.11%
	Filtro 8	63.04%	1.81%
	Filtro 9	28.99%	1.66%
Semana 10	Filtro 1	8.45%	3.05%
	Filtro 2	53.52%	3.73%
	Filtro 3	32.39%	8.98%
	Filtro 4	75.21%	4.93%
	Filtro 5	56.41%	-4.11%
	Filtro 6	71.79%	0.66%
	Filtro 7	64.29%	-2.85%
	Filtro 8	51.59%	-2.85%
	Filtro 9	42.06%	5.53%
Semana 11	Filtro 1	47.17%	3.09%
	Filtro 2	51.89%	2.36%
	Filtro 3	64.62%	5.45%
	Filtro 4	32.14%	0.98%
	Filtro 5	44.64%	0.59%
	Filtro 6	43.30%	1.95%
	Filtro 7	38.42%	0.17%
	Filtro 8	69.95%	-2.57%
	Filtro 9	40.39%	0.17%
Semana 12	Filtro 1	4.35%	17.05%
	Filtro 2	36.65%	12.91%
	Filtro 3	22.98%	8.11%
	Filtro 4	14.84%	-3.30%
	Filtro 5	24.18%	-3.69%
	Filtro 6	30.77%	0.19%
	Filtro 7	-30.93%	-1.20%
	Filtro 8	9.28%	-6.67%
	Filtro 9	-55.67%	-0.85%

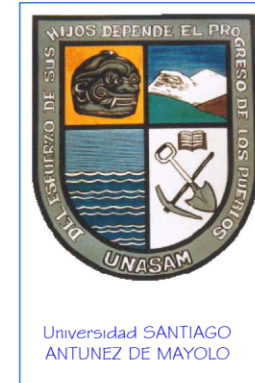
EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019

EFICIENCIAS		Eficiencia DBO (%)	Eficiencia Solidos disueltos totales (%)
SEMANA	Filtro		
Semana 13	Filtro 1	66.67%	15.51%
	Filtro 2	65.71%	34.39%
	Filtro 3	32.86%	26.24%
	Filtro 4	66.79%	14.92%
	Filtro 5	65.71%	16.67%
	Filtro 6	67.86%	10.47%
	Filtro 7	31.25%	0.00%
	Filtro 8	31.25%	1.33%
	Filtro 9	32.69%	-4.17%
Semana 14	Filtro 1	57.31%	8.20%
	Filtro 2	46.25%	7.62%
	Filtro 3	43.08%	11.52%
	Filtro 4	3.32%	21.20%
	Filtro 5	50.62%	21.37%
	Filtro 6	57.68%	16.07%
	Filtro 7	62.91%	11.55%
	Filtro 8	80.75%	11.91%
	Filtro 9	70.42%	9.03%
Semana 15	Filtro 1	19.14%	18.00%
	Filtro 2	19.14%	15.45%
	Filtro 3	19.14%	14.36%
	Filtro 4	-18.32%	7.29%
	Filtro 5	20.42%	0.00%
	Filtro 6	43.98%	8.60%
	Filtro 7	8.93%	1.47%
	Filtro 8	9.82%	1.47%
	Filtro 9	-15.18%	10.44%
Semana 16	Filtro 1	-100.00%	3.10%
	Filtro 2	13.51%	6.02%
	Filtro 3	58.78%	6.88%
	Filtro 4	42.70%	4.58%
	Filtro 5	41.62%	1.10%
	Filtro 6	37.84%	9.34%
	Filtro 7	44.51%	5.11%
	Filtro 8	59.89%	6.93%
	Filtro 9	59.89%	2.74%



Escala 50:1

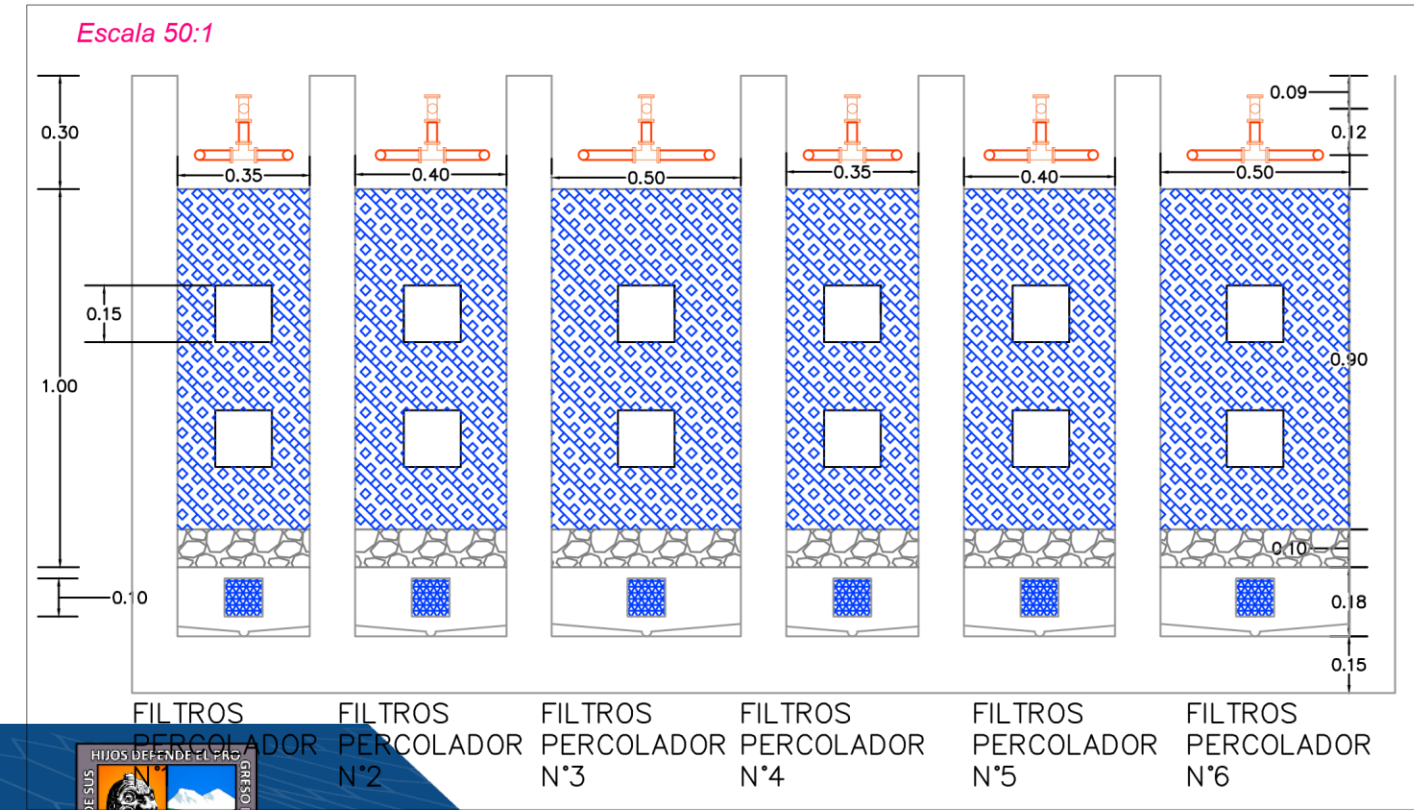
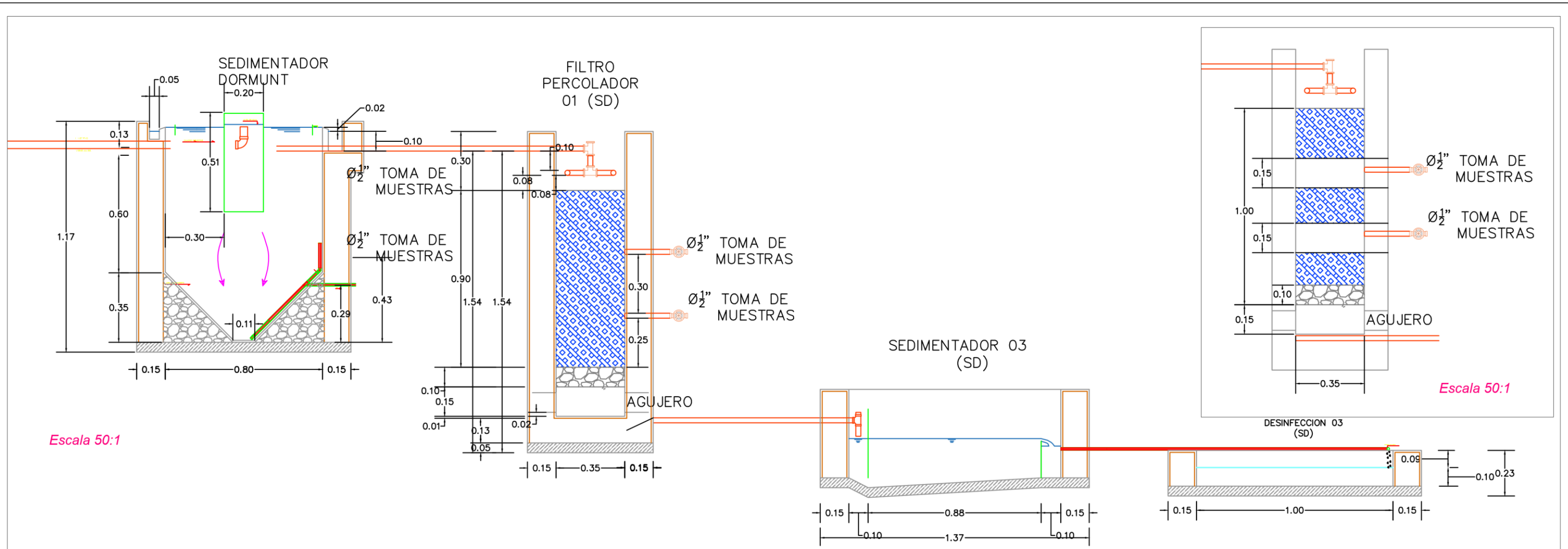
PLANO CLAVE DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO



TUYURIRI-CARHUAZ			
TESIS: "EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019"			
PLANO : PLANO PLANTA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO			
DIBUJO:	ESCALA:	FECHA:	DISENO:
joelnibobermendozo@gmail.com	Indicada	julio - 2019	O.M.J.N
PROFESIONAL RESPONSABLE:			

UBICACION	
DISTRITO:	MARCARA
PROVINCIA:	CARHUAZ
REGION :	ANCASH
LAMINA N°	
PL-L	
01	



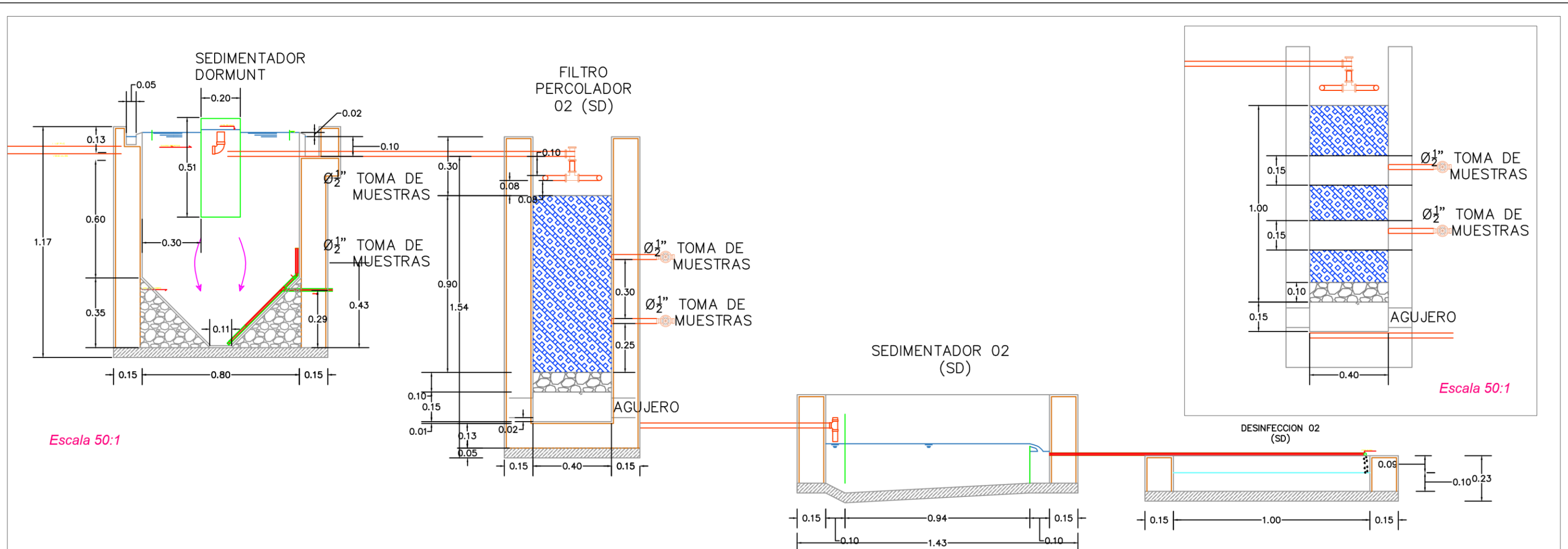


PERFIL HIDRAULICO DEL SISTEMA DE TRAMIENTO PROVENIENTE AGUA RESIDUAL DEL SEDIMENTADOR DORMUNT

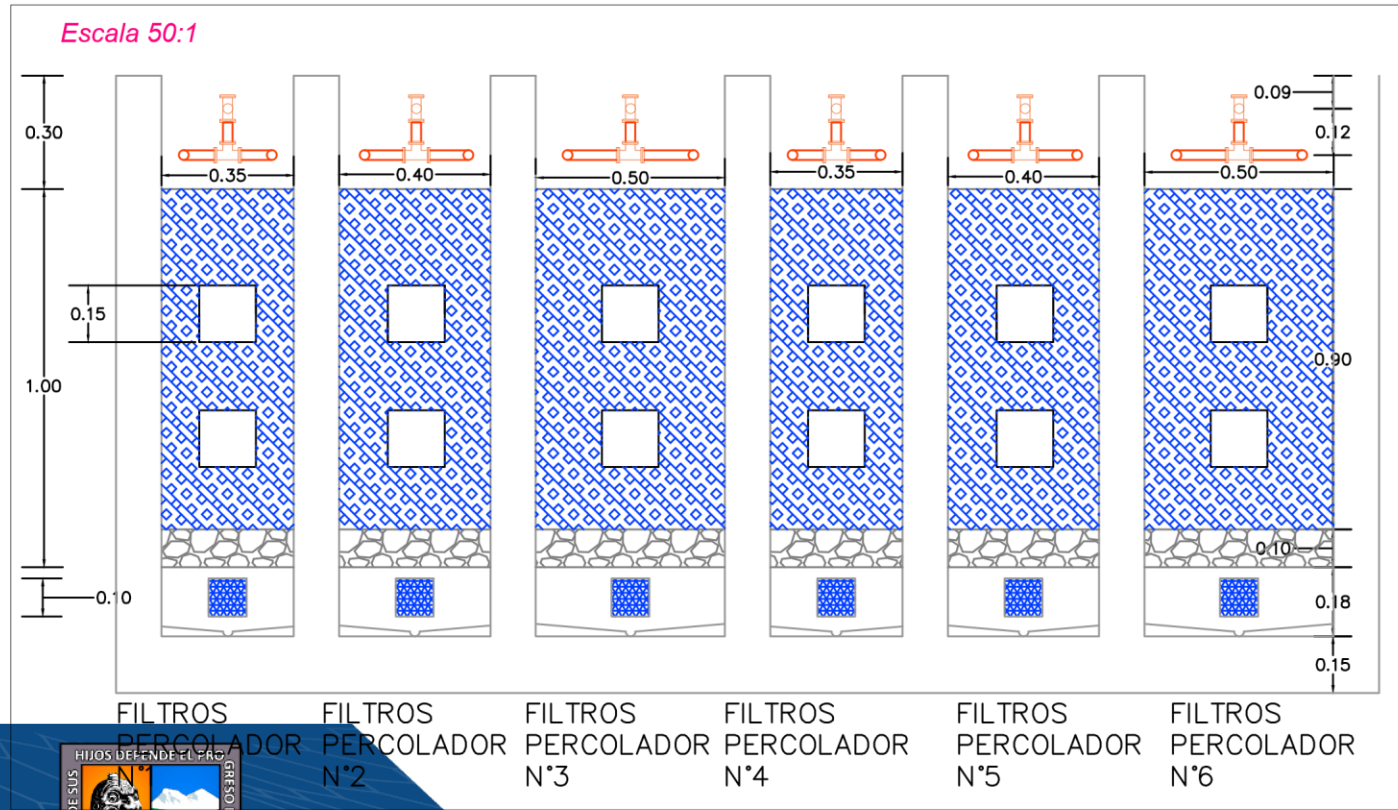
<p>UNASAM Universidad SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO</p>	TUYURIRI-CARHUAZ			UBICACION DISTRITO: MARCARA PROVINCIA: CARHUAZ REGION: ANCASH
	TESIS: "EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019"			
	PLANO : PLANO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE TRAMIENTO			
	DIBUJO: joelnijobermendoza@gmail.com	ESCALA: Indicada	FECHA: julio - 2019	DISEÑO: O.M.J.N

LAMINA N°
**PH-F
01**





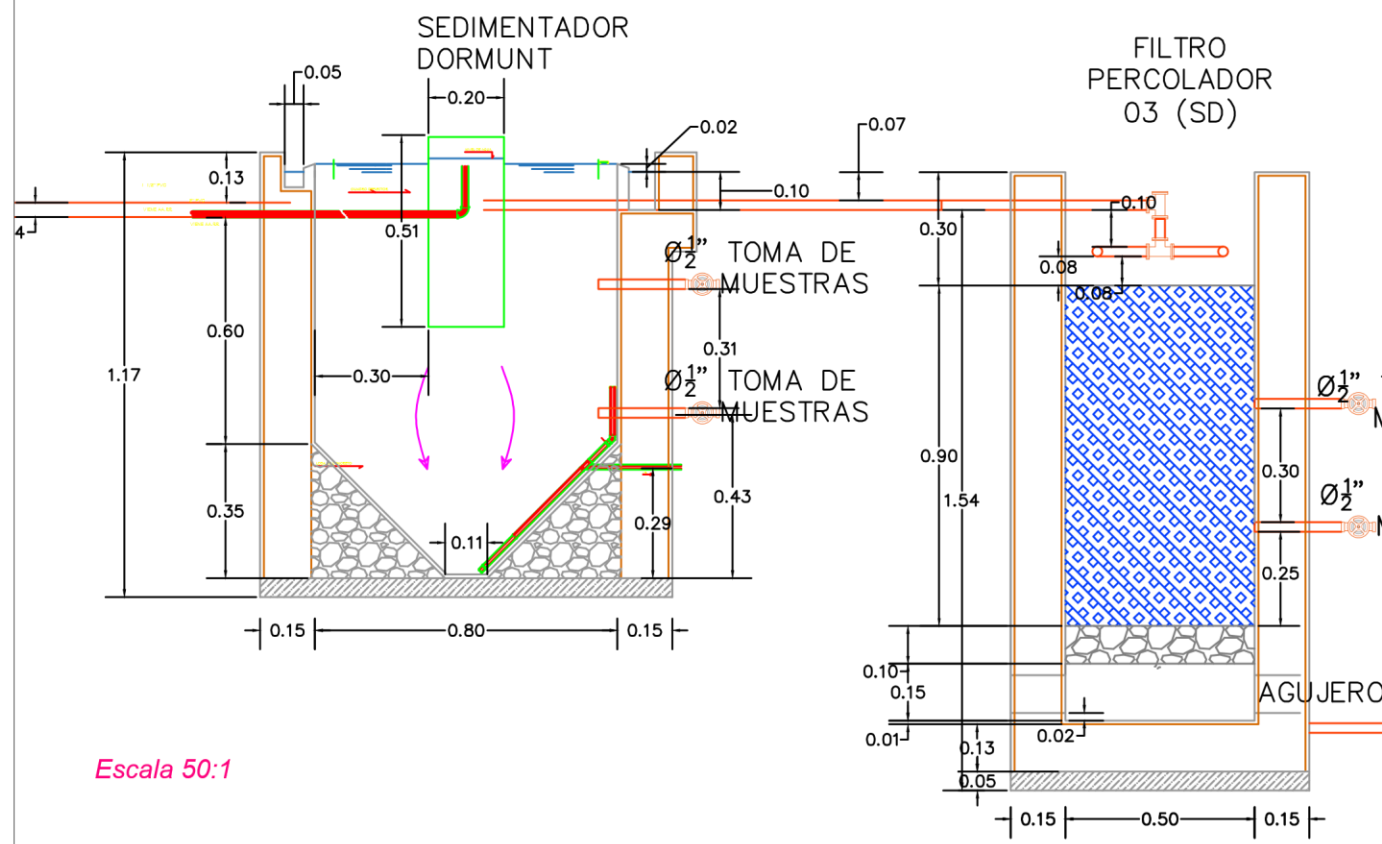
PERFIL HIDRAULICO DEL SISTEMA DE TRAMIENTO PROVENIENTE AGUA RESIDUAL DEL SEDIMENTADOR DORMUNT



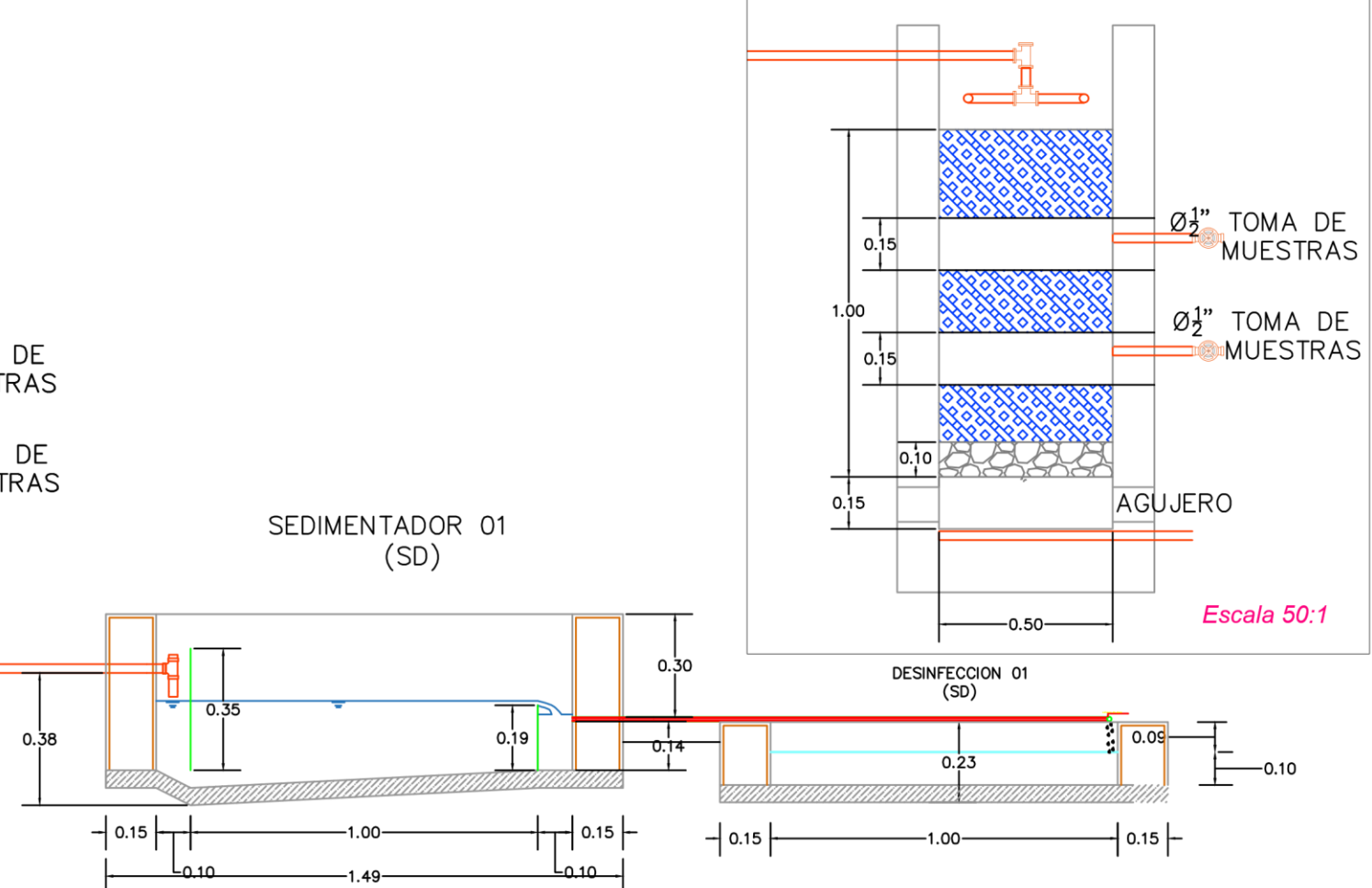
 <p>UNIVERSIDAD SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO</p>	TUYURIRI-CARHUAZ			UBICACION DISTRITO: MARCARA PROVINCIA: CARHUAZ REGION: ANCASH
	TESIS: "EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURIRI-CARHUAZ-2019"			
	PLANO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE TRAMIENTO			
	DIBUJO: joelnijobermendoza@gmail.com	ESCALA: Indicada	FECHA: julio - 2019	DISEÑO: O.M.J.N

LAMINA N°
**PH-F
02**

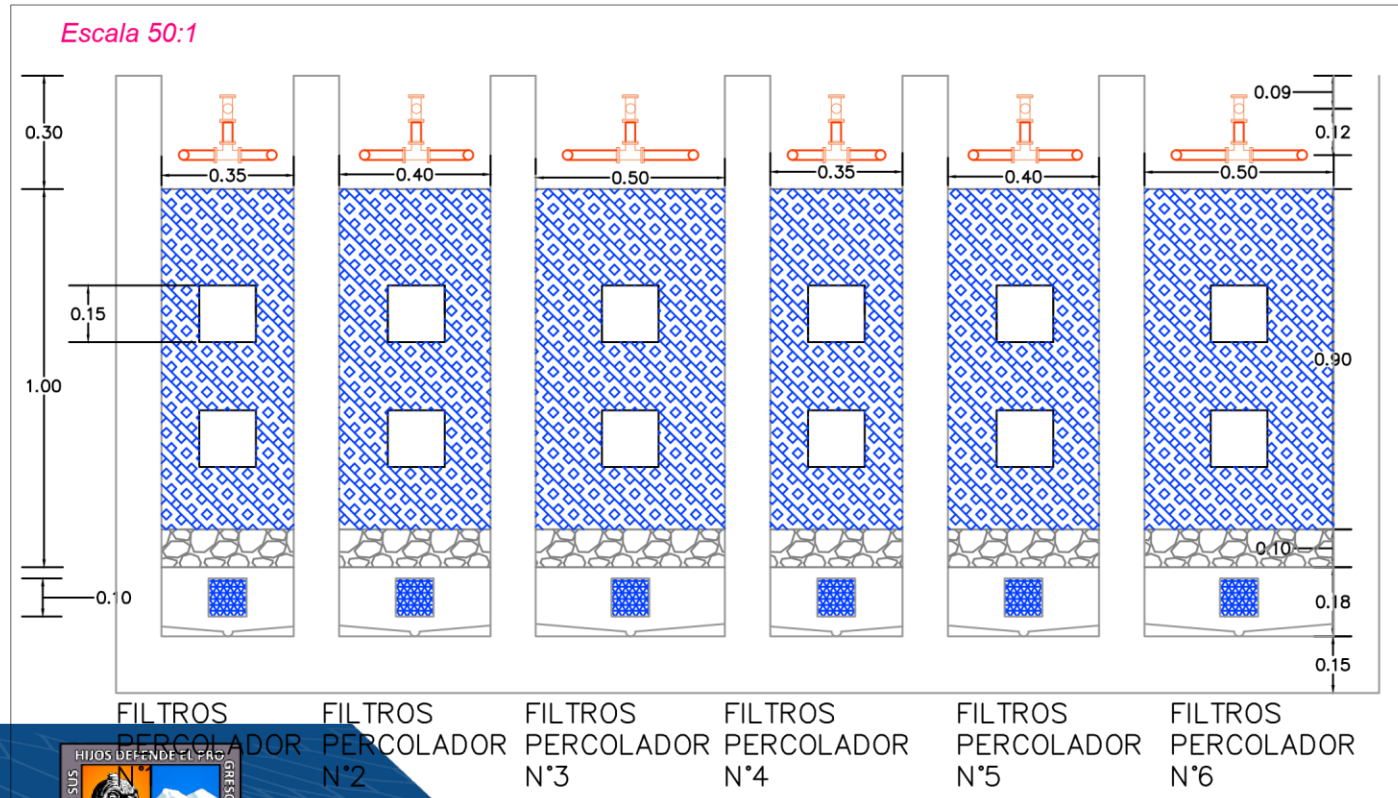




Escala 50:1



Escala 50:1



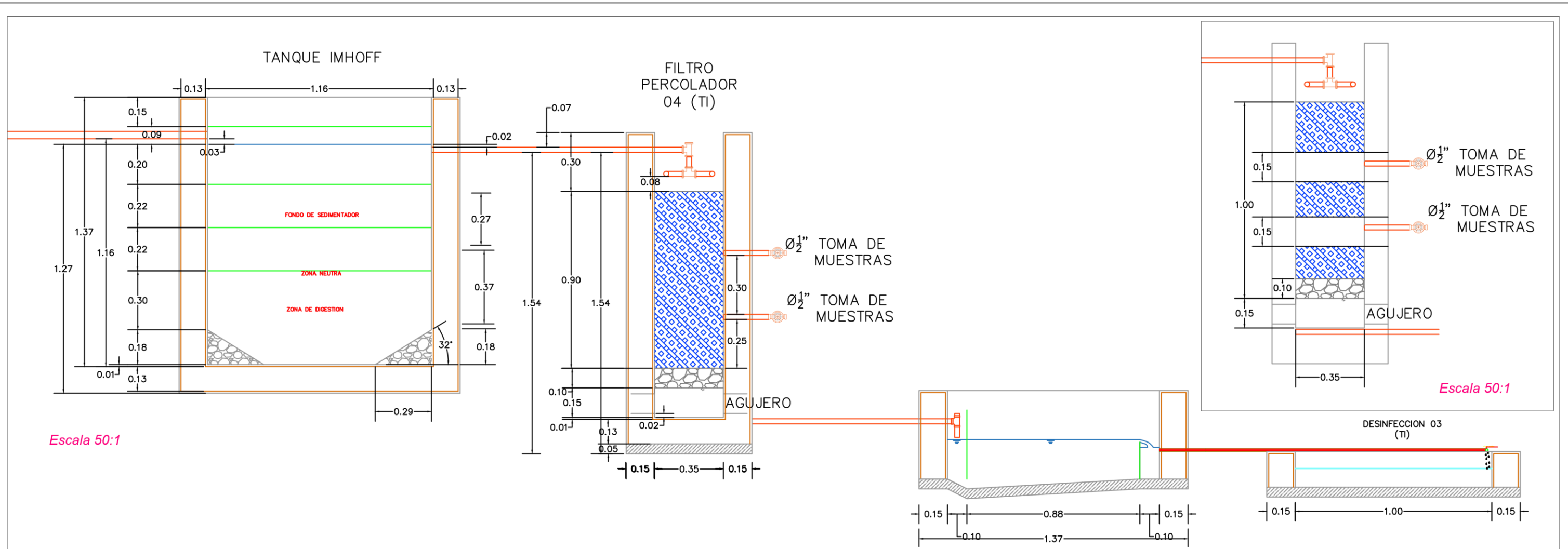
Escala 50:1

PERFIL HIDRAULICO DEL SISTEMA DE TRAMIENTO PROVENIENTE AGUA RESIDUAL DEL SEDIMENTADOR DORMUNT

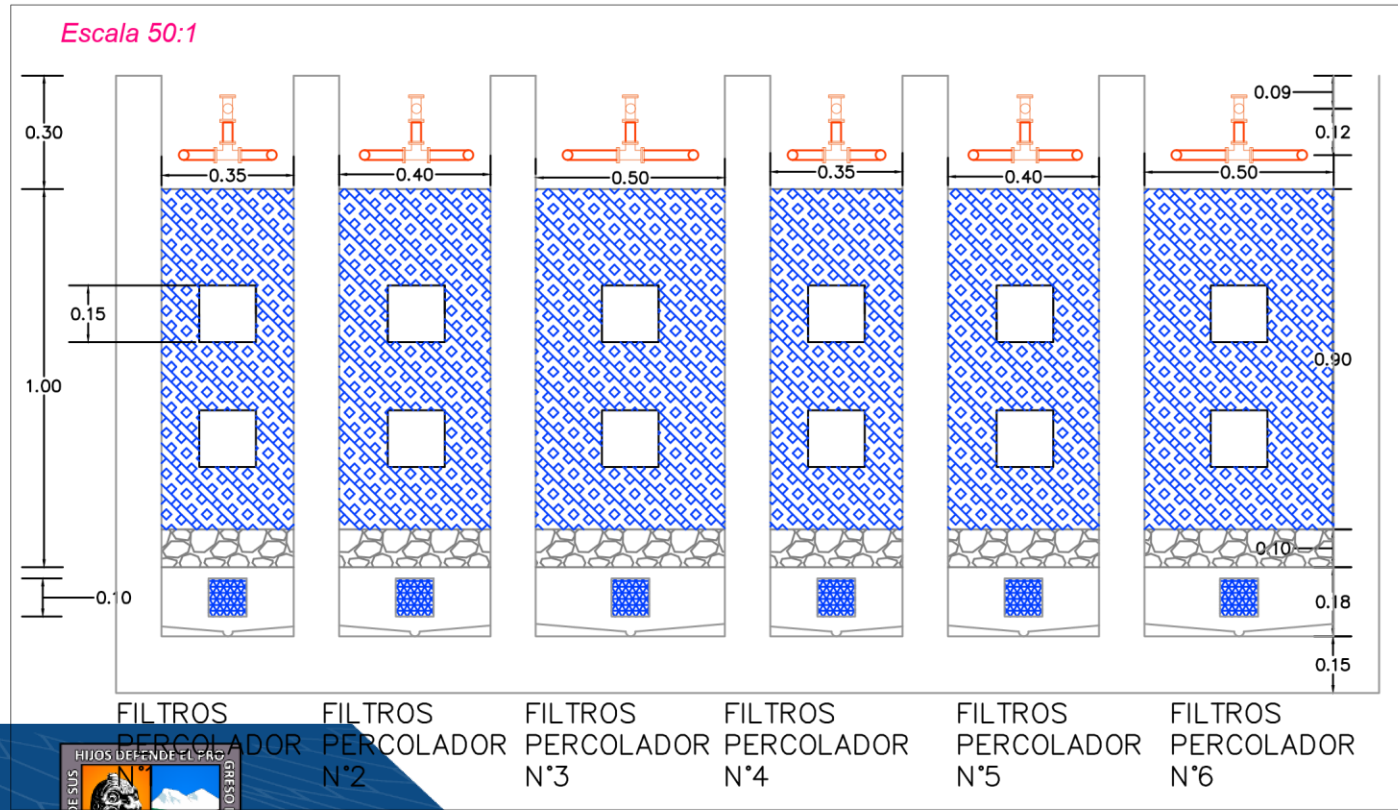
<p>UNASAM</p>	TUYURIRI-CARHUAZ			UBICACION DISTRITO: MARCARA PROVINCIA: CARHUAZ REGION: ANCASH
	TESIS: "EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURIRI-CARHUAZ-2019"			
	PLANO : PLANO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE TRAMIENTO			
	DIBUJO: joelnijobermendoza@gmail.com PROFESIONAL RESPONSABLE:	ESCALA: Indicada	FECHA: julio - 2019	DISEÑO: O.M.J.N

LAMINA N°
**PH-F
03**





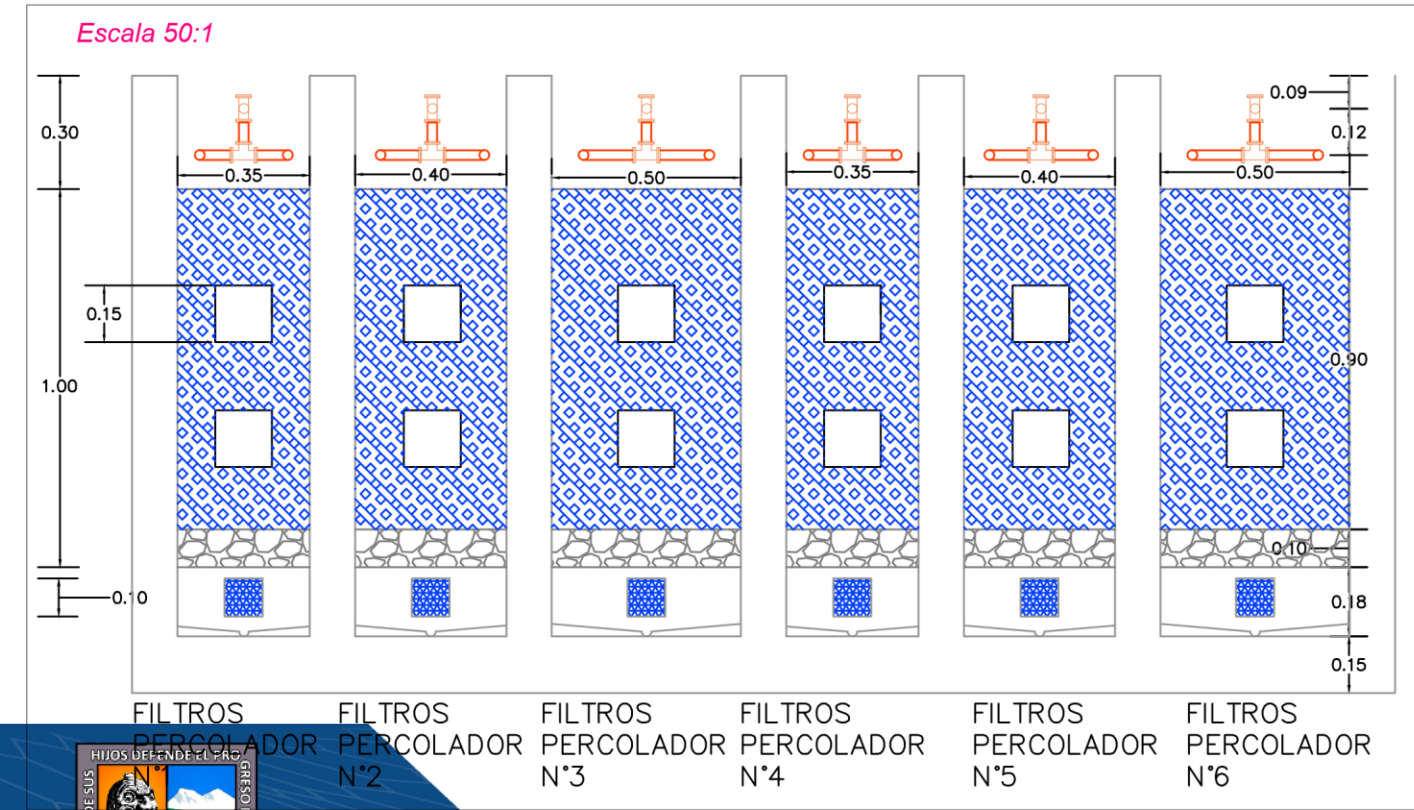
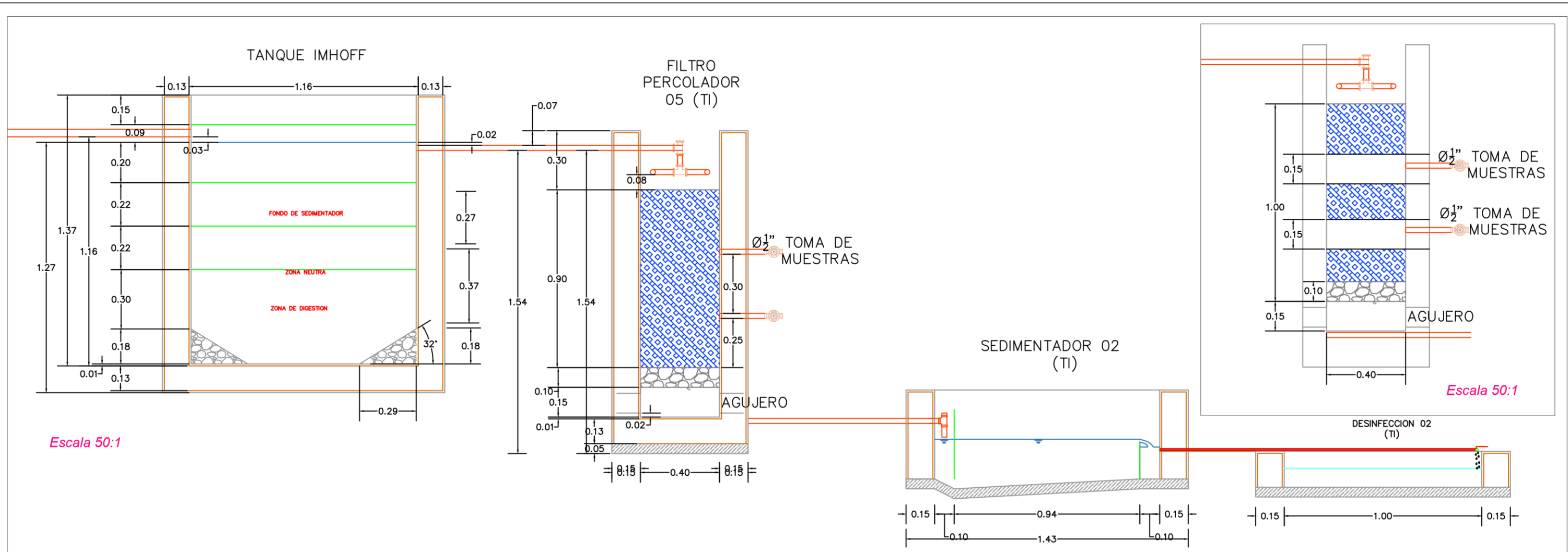
PERFIL HIDRAULICO DEL SISTEMA DE TRAMIENTO PROVENIENTE AGUA RESIDUAL DEL SEDIMENTADOR IMHOFF



<p>UNASAM</p> <p>Universidad SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO</p>	TUYURIRI-CARHUAZ			UBICACION DISTRITO: MARCARA PROVINCIA: CARHUAZ REGION: ANCASH
	TESIS: "EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURIRI-CARHUAZ-2019"			
	PLANO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE TRAMIENTO			
	DIBUJO: joelnlyobermendoza@gmail.com	ESCALA: Indicada	FECHA: julio - 2019	DISEÑO: O.M.J.N

LAMINA N°
**PH-F
04**



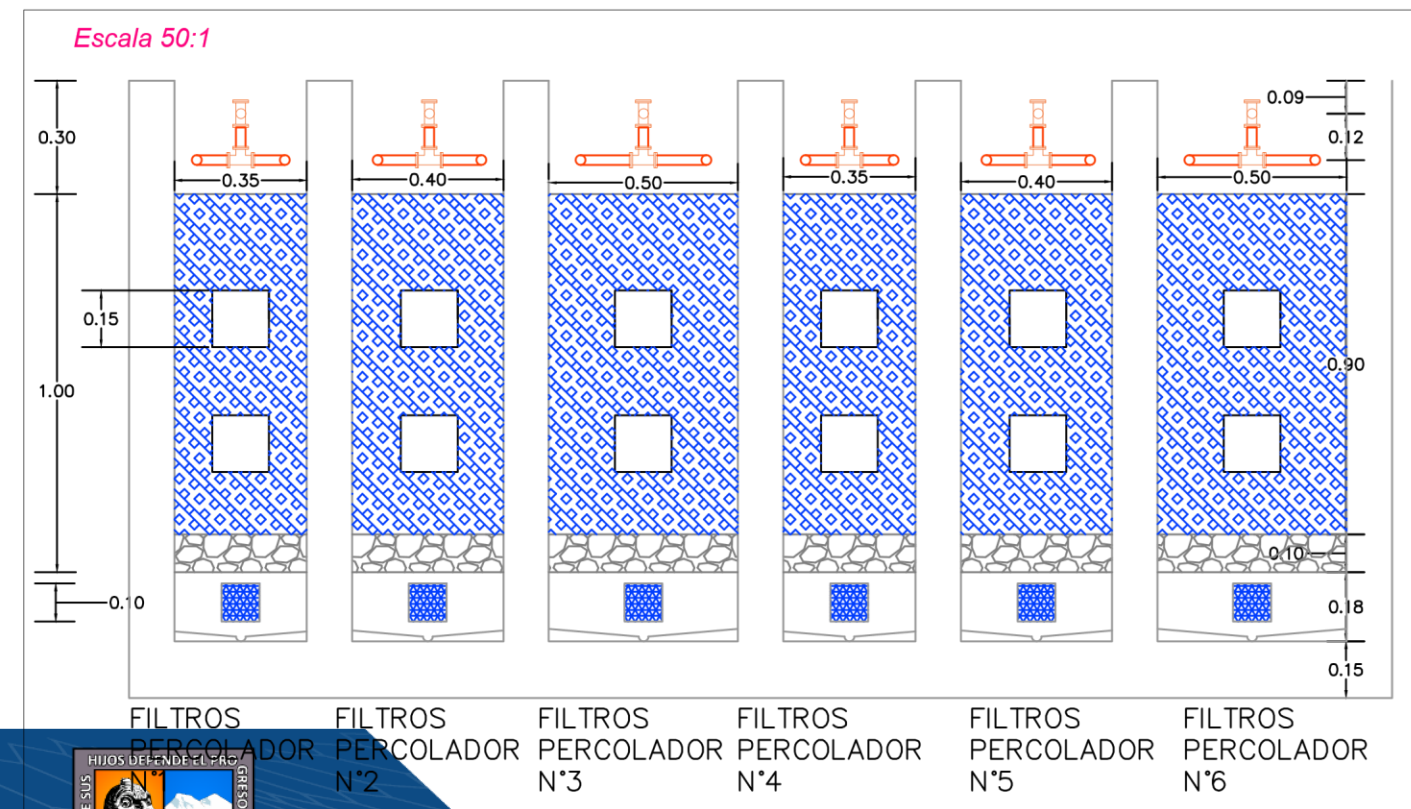
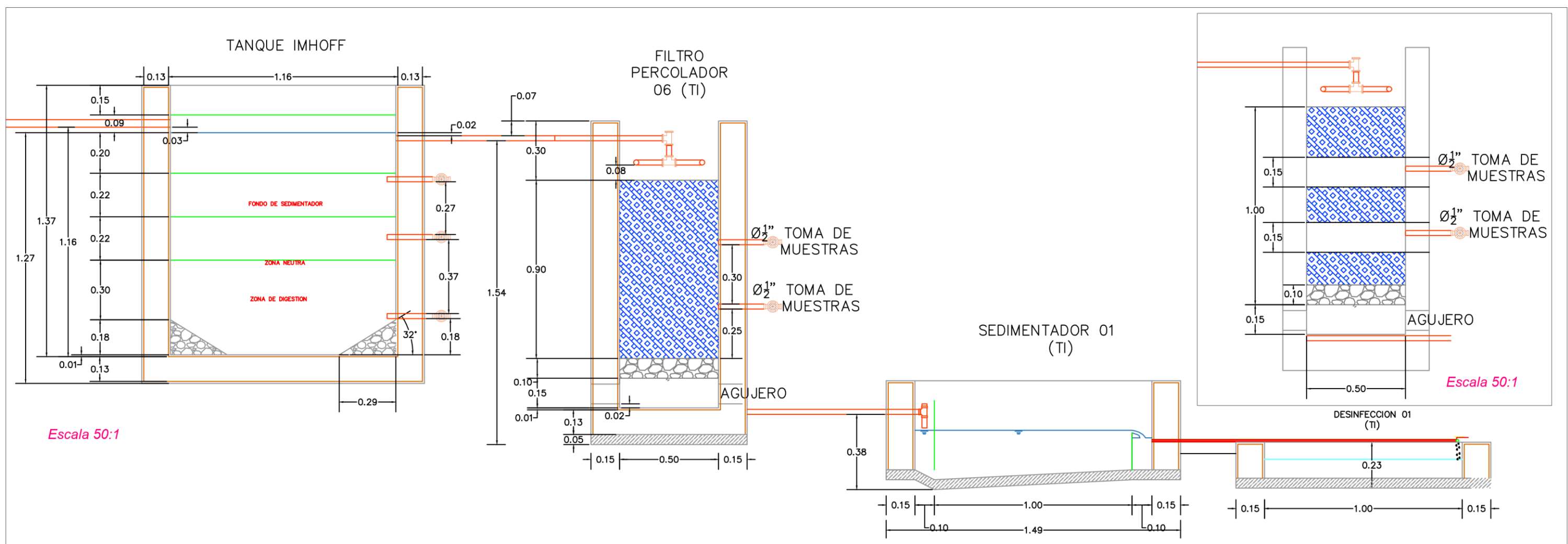


PERFIL HIDRAULICO DEL SISTEMA DE TRAMIENTO PROVENIENTE AGUA RESIDUAL DEL SEDIMENTADOR IMHOFF

<p>UNASAM Universidad SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO</p>	TUYURIRI-CARHUAZ			UBICACION DISTRITO: MARCARA PROVINCIA: CARHUAZ REGION: ANCASH
	TESIS: "EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019"			
	PLANO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE TRAMIENTO			
	DIBUJO: joelnijobermendoza@gmail.com PROFESIONAL RESPONSABLE:	ESCALA: Indicada	FECHA: julio - 2019	DISEÑO: O.M.J.N

LAMINA N°
**PH-F
05**





PERFIL HIDRAULICO DEL SISTEMA DE TRAMIENTO PROVENIENTE AGUA RESIDUAL DEL SEDIMENTADOR IMHOFF

 Universidad SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO	TUYURIRI-CARHUAZ			UBICACION DISTRITO: MARCARA PROVINCIA: CARHUAZ REGION: ANCASH
	TESIS: "EFICIENCIA DE FILTROS PERCOLADORES UTILIZANDO COMO MEDIO FILTRANTE GRAVA Y CARBON VEGETAL PARA LA REMOCION DE DBO Y SOLIDOS DISUELTOS TOTALES DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS PROVENIENTES DE DIFERENTES SEDIMENTADORES EN LA LOCALIDAD DE TUYURURI-CARHUAZ-2019"			
	PLANO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE TRAMIENTO			
	DIBUJO: joelnlyobermendoza@gmail.com	ESCALA: Indicada	FECHA: julio - 2019	DISEÑO: O.M.J.N

LAMINA N°
**PH-F
06**

