



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Reducción de DBO<sub>5</sub> y Turbidez mediante lecho filtrante de flujo  
ascendente de las aguas residuales domésticas del anexo de Llapay  
- Yauyos, 2022

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniera Ambiental

**AUTORA:**

Leon Vivas, Ada Liz (orcid.org/0000-0002-2889-307X)

**ASESOR:**

Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio (orcid.org/0000-0002-3419-7361)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2022

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de investigación a todos mis seres queridos, a mis padres Marcos León e Isaura Vivas, a mi pareja y a mi hijo, porque ellos son la motivación de mi vida, mi orgullo de ser y la fuerza para salir adelante.

### **Agradecimiento**

A Dios Padre, por derramar en mí bendiciones y por haberme permitido completar este proyecto.

A mis padres por la confianza brindada durante el desarrollo de mi vida personal y profesional, por los valores que me ha inculcado desde mi niñez hasta ahora y por todo el amor que me dan.

A mi pareja, por su paciencia y apoyo en el diario trajinar para la consecución de mis proyectos.

## Índice de contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	21
III.1. Tipo y diseño de la investigación	22
III.2. Variables y Operacionalización	24
III.3. Población, muestra y muestreo	24
III.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25
III.5. Procedimiento	26
III.6. Método de análisis de datos	33
III.7. Aspecto ético	33
IV. RESULTADOS	34
IV.0. Aspectos generales	35
IV.1. Efecto de proporción (arena-grava) en la reducción de DBO <sub>5</sub> y turbidez	40
IV.2. Efecto de tiempo de retención hidráulica (TRH) en reducción de DBO <sub>5</sub> y turbidez	42
IV.3. Efecto de la granulometría en la reducción de DBO <sub>5</sub> y turbidez	43
IV.4. Porcentaje de remoción de DBO <sub>5</sub> y turbidez	45
IV.5. Contrastación de Hipótesis	47

V.	DISCUSIÓN	58
VI.	CONCLUSIONES	62
VII.	RECOMENDACIONES	63
	REFERENCIAS	64
	ANEXOS	

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Factores y dominio experimental .....	22
<b>Tabla 2.</b> Matriz de diseño experimental .....	23
<b>Tabla 3.</b> Técnicas e instrumentos de la investigación.....	25
<b>Tabla 4.</b> Validación de instrumentos .....	26
<b>Tabla 5.</b> Registro UTM del punto de muestreo .....	27
<b>Tabla 6.</b> Datos de proporción de filtro .....	29
<b>Tabla 7.</b> Características de los filtros usados.....	35
<b>Tabla 8.</b> Datos iniciales de la medición de parámetros de turbidez y DBO <sub>5</sub> .....	35
<b>Tabla 9.</b> Resultados reporte 1 .....	37
<b>Tabla 10.</b> Resultados del reporte 2 .....	38
<b>Tabla 11.</b> Resultados del reporte 3 .....	39
<b>Tabla 12.</b> Resumen de datos promedio de los reportes.....	39
<b>Tabla 13.</b> Remoción de DBO <sub>5</sub> .....	45
<b>Tabla 14.</b> Remoción de turbidez .....	46
<b>Tabla 15.</b> Cuadro resumen de las concentraciones sin tratamiento y post tratamiento.....	47
<b>Tabla 16.</b> T de la muestra .....	49
<b>Tabla 17.</b> Contrastación con el LMP .....	49
<b>Tabla 18.</b> Información de los factores para DBO <sub>5</sub> y turbidez .....	50
<b>Tabla 19.</b> Tabla de ANOVA de DBO <sub>5</sub> .....	50
<b>Tabla 20.</b> Tabla ANOVA para Turbidez.....	50
<b>Tabla 21.</b> Agrupación de la información utilizando el método de Tukey con una confianza de 95% para DBO <sub>5</sub> .....	53
<b>Tabla 22.</b> Agrupación de la información utilizando el método de Tukey con una confianza de 95% para Turbidez.....	54

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Tipos de aguas residuales, según su proveniencia. ....	13
<b>Figura 2.</b> Relación entre porosidad y expansión del medio filtrante durante el retrolavado.....	18
<b>Figura 3.</b> Rendimiento de la filtración de medios granulares en términos de turbiedad y pérdida de carga.....	19
<b>Figura 4.</b> Monitoreo de aguas residuales en el anexo de Llapay.....	27
<b>Figura 5.</b> Muestra para su respectiva caracterización inicial .....	28
<b>Figura 6.</b> Montaje del filtro .....	29
<b>Figura 7.</b> Preparación de los materiales filtrantes arena y grava.....	30
<b>Figura 8.</b> Sistema de filtro.....	31
<b>Figura 9.</b> Funcionamiento del filtro .....	32
<b>Figura 10.</b> Filtros usados para el sistema filtrante .....	33
<b>Figura 11.</b> Reportes de turbidez de aguas residuales del anexo de Llapay. ....	36
<b>Figura 12.</b> Reportes de DBO <sub>5</sub> de las aguas residuales del anexo de Llapay.....	36
<b>Figura 13.</b> Proporción de arena-grava en la reducción de DBO <sub>5</sub> .....	41
<b>Figura 14.</b> Efecto de la proporción en la reducción de turbidez.....	41
<b>Figura 15.</b> Tiempo de retención hidráulica en la reducción de DBO <sub>5</sub> .....	42
<b>Figura 16.</b> Tiempo de retención hidráulica en la reducción de turbidez.....	43
<b>Figura 17.</b> Efecto de la Granulometría en la reducción de DBO <sub>5</sub> .....	44
<b>Figura 18.</b> Granulometría en la reducción de turbidez.....	44
<b>Figura 19.</b> Remoción de DBO <sub>5</sub> .....	45
<b>Figura 20.</b> Remoción de turbidez.....	46
<b>Figura 21.</b> Gráfica de normalidad de DBO <sub>5</sub> .....	47
<b>Figura 22.</b> Grafica de normalidad de turbidez.....	48
<b>Figura 23.</b> Gráfica de efectos para DBO <sub>5</sub> .....	55
<b>Figura 24.</b> Gráfica de efectos para turbidez.....	55
<b>Figura 25.</b> Diagrama de Pareto para DBO <sub>5</sub> .....	56
<b>Figura 26.</b> Diagrama de Pareto para turbidez.....	56

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con las aguas residuales domésticas del anexo de Llapay, distrito de Laraos, provincia de Yauyos, departamento de Lima. La investigación tuvo por objetivo determinar la reducción de  $DBO_5$  y turbidez de las aguas residuales mediante un lecho filtrante de flujo ascendente, para ello se inició con la caracterización inicial de la muestra recolectada, las cuales fueron enviadas a laboratorio obteniendo valores de 38,77 NTU para turbidez y 341,85 mg/L de  $DBO_5$ , para la parte experimental se usó un diseño factorial  $2^3$ , a través del diseño y construcción de cuatro filtros los cuales combinaron proporción de arena-grava  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{2}{1}$ ; mallas granulométricas #25, #45 y evaluados en tiempo de retención hidráulica (TRH) de 2 horas y 3 horas, los resultados después del tratamiento mostraron los máximos porcentajes de reducción de  $DBO_5$  de 92,99% la cual se dio en condiciones del filtro 2 y una retención hidráulica de 3 horas con una concentración final de 27,03 mg/L, en caso de la turbidez se obtuvo un porcentaje de 73,38% en un filtro 2 con un tiempo de retención de 2 horas con una concentración final de 15,47 NTU.

**Palabras claves:**  $DBO_5$ , turbidez, tiempo de retención hidráulica, reducción.



## ABSTRACT

The present research work was carried out with domestic wastewater from the Llapay annex, Laraos district, Yauyos province, Lima department. The objective of the research was to determine the reduction of BOD<sub>5</sub> and the turbidity of the wastewater by means of an ascending flow filtered bed, for which it began with the initial characterization of the collected sample, which were sent to the laboratory obtaining values of 38,77 NTU for turbidity and 341,85 mg/L of BOD<sub>5</sub>, for the experimental part a 23 factorial design was used, through the design and construction of four filters which combined sand-gravel ratio  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{2}{1}$ ; granulometric meshes #25, #45 and evaluated in hydraulic retention time (HRT) of 2 hours and 3 hours, the results after treatment showed the maximum percentages of reduction of BOD<sub>5</sub> of 92,99% which occurred in conditions of filter 2 and a hydraulic retention of 3 hours with a final concentration of 27,03 mg/L, in case of turbidity a percentage of 73,38% was obtained in a filter 2 with a retention time of 2 hours with a final concentration of 15,47 UNT.

**Keywords:** BOD<sub>5</sub>, turbidity, hydraulic retention time, reduction.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La contaminación del agua es un tema de gran importancia a nivel mundial ya sea de países desarrollados como en vías de desarrollo debido al agotamiento substancial del líquido elemento y sus consecuencias que trae al ecosistema, alterando el curso normal del desarrollo biológico. El vertimiento de las aguas residuales e industriales en el Perú se ha ido acaeciendo de manera irresponsable; sin embargo, en el año 2012 fue identificado por la Autoridad Nacional del Agua por lo que se vio adecuada contar con legislación, que regule el vertimiento de agua residual debido a su relación con la calidad del agua; ya que trae consigo impactos negativos constituyendo un elevado riesgo para la salud pública y para los ecosistemas (Mejía, 2018).

A causa de una falta de política ambiental por las autoridades predecesoras, a la sobrepoblación y la industrialización en el departamento de Lima ha ido aumentando la polución de agua; siendo éstas vertidas a los cauces del Río Mala y Cañete (Yauyos-Lima) con gran presencia de sólidos disueltos, suspendidos, y coliformes termotolerantes (portal de Yauyos, 2016). una de las alternativas que han venido siendo usadas a lo largo de los años son los lechos filtrantes para la reducción de ciertos parámetros de aguas residuales. Los lechos filtrantes tienen gran importancia en los sistemas de biofiltración ya que pueden eliminar ciertos componentes y materiales, garantizando la eficiencia del sistema, el funcionamiento y su vida útil (Condor, 2019), aprovechando la granulometría de los filtros en la retención eficiente de los contaminantes orgánicos, además de ser factibles en el tratamiento de aguas residuales domésticas; pues permiten la reducción eficaz de agentes biológicos, químicos y físicos evaluados mediante un control de calidad de agua.

La remoción de la turbidez y  $DBO_5$  es de vital importancia, ya que la presencia de la turbidez y  $DBO_5$  trae consigo el aumento de temperatura, alterando así la correcta actividad biológica, la cual conlleva al aumento de bacterias termotolerables que son las causantes de enfermedades como la fiebre amarilla (Ríos, Agudelo y Gutiérrez, 2017). Este proceso representa una solución a contribuir con la reducción de gases de efecto invernadero, generadas por la descomposición de la materia orgánica (rica en nutrientes), las cuales provocan variaciones en el clima a largo plazo (por acumulación), medios adsorbentes utilizados (arena y grava), la

granulometría del lecho filtrante (arena y grava). Las emisiones directas de las aguas residuales domésticas, hacia los cuerpos de aguas superficiales son ampliamente reconocidos como la principal fuente de contaminación emergente; esto es una realidad en nuestro país en vías de desarrollo, en vista que no dispone de tecnologías adecuadas en el tratamiento de aguas residuales, principalmente los sectores más pobres.

El principal problema que trae consigo la contaminación ambiental es el agotamiento del recurso hídrico, que es imprescindible para la vida; la cual ha sido alterada por la actividad humana, por ello es de responsabilidad e importante encontrar procesos que sean una alternativa de solución para poder hacer frente a éstos agentes contaminantes. El presente trabajo evaluó el lecho filtrante de flujo ascendente a escala piloto para la reducción de DBO<sub>5</sub> y turbidez de las aguas residuales domésticas del Anexo de Llapay, distrito de Laraos, provincia de Yauyos.

Para el desarrollo de esta investigación, se planteó el siguiente **problema general**: ¿Cuánto fue la reducción de la DBO<sub>5</sub> y turbidez en las aguas residuales domésticas mediante un lecho filtrante de flujo ascendente del anexo de Llapay? Asimismo se plantearon los siguientes **problemas específicos**: ¿Cuáles son las proporciones entre los medios adsorbentes granulares (arena – grava) que optimizan el proceso para la reducción de DBO<sub>5</sub> y turbidez?, ¿Cuál fue el tiempo de retención hidráulica del agua residual a través de los lechos de filtro para reducción de DBO<sub>5</sub> y turbidez?, ¿Qué efecto tuvo la granulometría de grava (# de malla) en la reducción de DBO<sub>5</sub> y turbidez?, ¿Cuál es el porcentajes de remoción de DBO<sub>5</sub> que presentarán las aguas residuales domésticas del anexo de Llapay después del tratamiento? y ¿Cuál es el porcentaje de reducción de la turbidez que presentarán las aguas residuales domésticas del anexo de Llapay después del tratamiento?

Como **justificación social**, debido a la contaminación de los recursos hídricos es necesario buscar alternativas que mejoren la calidad y regulen los parámetros de este recurso, por ende, la investigación pretende aportar en la calidad de vida de la población, en función a la capacidad de retención del filtro de los elementos turbidez y DBO<sub>5</sub>, que pudieran afectar la salud y el normal desarrollo de la sociedad, brindando agua de buena calidad. Desde el punto de **vista ambiental** el proyecto procura hacer uso de elementos naturales en el diseño de filtro ascendente,

recurriendo de esta manera a medidas estructurales de tipo natural que sean amigable con el medio ambiente. Desde el punto de **vista económico**, el presupuesto que demandará el diseño, e implementación de los filtros no conllevará a recursos excesivos, sino más bien, asequibles a poder ser susceptible de replicar en cualquier zona, que cuente con los materiales o insumos naturales para la elaboración del filtro.

Se plantea por ello el **objetivo general** de esta investigación es determinar la reducción de la  $DBO_5$  y turbidez en las aguas residuales domésticas mediante un lecho filtrante de flujo ascendente del anexo de Llapay. Así mismo, los **objetivos específicos** son: determinar las proporciones entre los medios adsorbentes granulares (arena – grava) que optimizan el proceso para la reducción de  $DBO_5$  y turbidez, determinar el tiempo de retención hidráulica del agua residual a través de los lechos de filtro para reducción de  $DBO_5$  y turbidez, determinar el efecto de la granulometría de grava (# de malla) óptima para remover  $DBO_5$  y turbidez eficazmente, determinar los porcentajes de remoción de  $DBO_5$ , que presentarán las aguas residuales domésticas del anexo de Llapay después del tratamiento y determinar el porcentaje de remoción de la turbidez que presentarán las aguas residuales domésticas del anexo de Llapay después del tratamiento.

La **hipótesis general** de la investigación es: El lecho filtrante de flujo ascendente reducirá a cantidades permisibles de  $DBO_5$  y turbidez de las aguas residuales domésticas del Anexo de Llapay. Asimismo, las **hipótesis específicas** son: las proporciones entre los medios adsorbentes granulares (arena-grava) permiten optimizar el proceso para la reducción de  $DBO_5$  y turbidez, el tiempo de retención hidráulica adecuada es de 2 hora, para el tratamiento del agua residual, la granulometría de la grava tiene una influencia directamente proporcional en relación al tamaño del material y la cantidad de retención de los contaminantes orgánicos e inorgánicos, el porcentaje de reducción de la  $DBO_5$  se encuentra dentro de los valores admisibles establecidos por LMP y el porcentaje de remoción de turbidez es representativo.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Se tomarán en cuenta los antecedentes de diferentes ámbitos, tanto internacional, nacional y/o local para lograr un mejor entendimiento del tema a desarrollar en la presente investigación, además que estos serán comparados con los resultados que se obtengan.

Para Yong et al. (2021) en su estudio donde se analizó el rendimiento del sistema de filtración de arena con diferentes profundidades de cama de arena para pulir tratamiento de aguas residuales operaron sistemas de filtración lenta de arena de diferentes profundidades separadas del lecho de arena con fines de investigación, para ello tomaron muestras de efluentes de la planta de tratamiento local, estudiando en profundidades de 30 cm, 60 cm y 90 cm con un volumen de 5L para cada muestra, finalmente esta investigación concluyó que la profundidad del lecho de arena tiene efecto sobre la eficiencia de eliminación y el caudal del filtro, El filtro de arena es más eficiente para eliminar los contaminantes suspendidos y los coliformes en comparación con los contaminantes disueltos, la eliminación de turbidez y sólidos en suspensión totales (TSS) mediante el uso del filtro de profundidad de arena de 90 cm es más eficaz en comparación con otros. La presencia de concentración de DBO y DQO en la arena es demasiado alta, lo que hace que la eficiencia de eliminación se vuelva negativa, el proceso de filtración por sí solo es insuficiente para eliminar correctamente DQO y DBO.

En su investigación Blum et al. (2019) realizó una evaluación integral de la eliminación de contaminantes orgánicos de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales in situ mediante lechos de filtro fortificados con carbón haciendo un análisis orgánico. Identificaron 74 compuestos (24 confirmados por estándares de referencia) que incluyen plastificantes, estabilizadores UV, fragancias, pesticidas, surfactantes e impurezas de polímeros. Los filtros de arena que se usaron como un paso secundario después del tanque séptico en tratamiento de aguas residuales eliminando contaminantes hidrofílicos (OSSF), podrían eliminar dichos contaminantes que no se eliminaron con arena y arena fortificada con biocarbón. La adición de biocarbón aumentó significativamente la eliminación de estos y algunos compuestos hidrofílicos (prueba de rango con signo de Wilcoxon,  $\alpha = 0,05$ ). Además de la sorción impulsada por la hidrofobicidad, se sugirió que la biodegradación es la vía de eliminación más importante en esta aplicación de

campo a largo plazo. Sin embargo, se necesitan mejoras adicionales para eliminar los contaminantes muy hidrofílicos, ya que no se eliminaron con arena y arena fortificada con biocarbón. La adición de biocarbón aumentó significativamente la eliminación de estos y algunos compuestos hidrofílicos (prueba de rango con signo de Wilcoxon,  $\alpha = 0,05$ ). Además de la sorción impulsada por la hidrofobicidad, se sugirió que la biodegradación es la vía de eliminación más importante en esta aplicación de campo a largo plazo. Sin embargo, se necesitan mejoras adicionales para eliminar los contaminantes muy hidrofílicos, ya que no se eliminaron con arena y arena fortificada con biocarbón en diferentes análisis: (GC x GC-ToF-MS dirigida), (GC-ToF-MS no dirigido) y (LC-IM-QToF-MS no dirigido), esto dio como resultado que se identificaron 24 compuestos confirmados por el estándar de referencia y 50 compuestos identificados tentativamente, asimismo el filtro a base de suelo puede eliminar contaminantes que son hidrofóbicos, tienen pocos heteroátomos y pocos donantes y aceptores de enlaces de hidrógeno y destacar que, incluso después de dos años de funcionamiento, los filtros de arena y arena carbonizada todavía eliminan los contaminantes orgánicos.

En su investigación Seminarreport y Mamtani (2015) analizaron la tecnología de filtración de tratamientos más simple y de bajo costo basada en el principio del proceso de crecimiento adjunto, los filtros multimedia representan una mejora significativa con respecto a los filtros de medios individuales. Se desarrolló un modelo de filtro multimedia a nivel de laboratorio para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Se utilizaron diferentes medios de embalaje, como almohadillas de celulosa, murciélagos de ladrillo y piedras de aerocontrol de diferentes tamaños. El modelo fue operado durante un tiempo de detención variable. Los resultados obtenidos de este estudio experimental mostraron una eficiencia de remoción de DBO de 67 %, DQO de 69 % y TS de 86 % durante 24 horas de tiempo de retención.

Para Vidal, Hedström y Herrmann (2018) en su investigación realizó estudios en los vertidos de fósforo (P) de los sistemas de tratamiento de aguas residuales in situ suelen contribuir a la eutrofización y causan problemas en las aguas dulces. Estas preocupaciones han llevado a un creciente interés en la mejora de la eliminación de P en las instalaciones de tratamiento. Este estudio investigó la reducción de P



en 12 plantas a gran escala en el sitio de trabajo sistemas de tratamiento con filtros de arena y filtros P alcalinos mediante muestreo y análisis de influencias de filtros, y efluentes. Las muestras proporcionales al flujo recogidas se analizaron para determinar la presencia de P, DBO<sub>5</sub> total y carbono orgánico disuelto (COT y DOC), y pH. Siete de los ocho filtros de arena investigados no proporcionaron reducción total satisfactoria de P; las explicaciones probables son la obstrucción de los filtros y la dilución de las aguas residuales por agentes externos. Además, los efluentes de cuatro de los ocho filtros de arena tenían concentraciones totales de P superiores a 3 mg/L<sup>-1</sup>, que es el límite sueco de efluentes recomendado para las aguas receptoras comunes, lo que indica que un tratamiento posterior de aguas residuales el paso de pulido sería necesario. Seis de los nueve filtros P investigados redujeron P adecuadamente, con concentraciones totales de P en el efluente que oscila entre 0,1 mg L<sup>-1</sup> y 1,9 mg L<sup>-1</sup>. Los tres filtros P de bajo rendimiento tenían efluente Los valores de pH por debajo de 9; la edad del filtro, la obstrucción y la sobrecarga hidráulica se identificaron como causas probables de su deficiencia. el rendimiento. Se encontró una correlación estadísticamente significativa entre la reducción total de P y el pH del filtrado. Se detectó una correlación significativa entre la carga orgánica en el afluente y la reducción de P por parte de los filtros P.

Para Bhutiani y Ahamad (2018) evaluaron la eficiencia de la filtración intermitente de arena comparando la efectividad de los medios filtrantes como arena, grava y diferentes mezclas de arena y grava. Analizó la salida de la base de agua y al finalizar se evaluó parámetros como: pH, TDS, TSS, TS, DO, BOD, COD, cloruro, dureza total (TH) y dureza de calcio (CaH). Las muestras fueron analizadas y examinadas antes y después de la filtración que se realizó utilizando tecnología de arena filtración intermitente de arena, realizando cuatro montajes en botellas Bisteri de 20 litros. Finalmente se concluyó que la tecnología de filtración intermitente de arena era rentable y proporcionó una forma económica alternativa para el tratamiento rápido de aguas residuales. Teniendo en cuenta la optimización del tamaño de la arena y los tipos de grava, la composición y las características de la capa Schmutz Decke (biocapa) y el modelado matemático para acelerar la capacidad de filtración efectiva. Por lo tanto, esta es una tecnología rentable, sin operación química y amigable con el medio ambiente para los desechos. tratamiento de aguas con combinaciones de biológicos y físico-químico.

En su investigación Xiao et al. (2018) acerca del efecto del espesor de la capa de filtro sobre las características de filtración de lechos granulares de doble capa, utilizando un lecho granular hecho de tubos de vidrio orgánico transparente con un diámetro interior de 100 mm, un generador de aerosol RBG-1000, un sistema de medición y otros dispositivos auxiliares y polvo de cenizas volantes concluyendo así que al aumentar el espesor de la capa superior del filtro de 180 mm a 280 mm, su eficiencia de filtración promedio aumentó de 97,81 % a 98,60%, con una salida de concentración 254,54 mg/m<sup>3</sup> a 132,89 mg/m<sup>3</sup> Además, el aumento del espesor de la capa superior del filtro también alargó el ciclo de regeneración del lecho granular, ya que el tiempo de filtración aumentó de 43,3 min a 56 min. También se encontró que cuando el espesor de la capa de filtro inferior se incrementó de 45 mm a 85 mm, la eficiencia de filtración promedio del lecho granular de doble capa aumentó de 99,93 % a 99,97 %. Estos resultados indican que un acrecentamiento en el espesor de la capa de filtro inferior tuvo un impacto significativo en la reducción de la concentración de polvo de salida del lecho granular de doble capa. Sin embargo, también dio como resultado que la caída de presión del lecho granular.

Para Srinivas, Naveen y Nagaraju (2021) analizó los Humedales construidos (*Typha*) y el tratamiento directo de filtro de arena rápido de aguas residuales. El afluente y el efluente fueron estudiados periódicamente cada mes para evaluar la eficiencia, por las diversas características como PH, Sólidos totales, Nitratos, Nitritos, Sodio, Potasio, Fósforo total, DQO, DBO, Amoníaco, Sulfatos y Turbidez desembocaron en el tratamiento de las aguas residuales, los humedales construidos y los filtros rápidos de arena tienen un gran impacto asimismo concluyeron que el precio de diseño, construcción y operación puede reducirse significativamente en comparación con otros métodos regulares de tratamiento de aguas residuales. Tal sistema brinda muchos beneficios en el tratamiento de aguas residuales brindando beneficios en términos económicos, consumo de energía y proporciona conciencia de protección ambiental concluyendo así que este sistema de tratamiento debe implementarse en todas las ciudades para el tratamiento de aguas residuales, ya que se vio que los parámetros como sólidos totales, nitratos, potasio, DBO, DQO, magnesio, calcio, alcalinidad total se reducen en gran medida reduciendo en hasta un 95 % los DQO y DBO.

Según Singh y Mittal (2020) quienes realizaron una investigación acerca del rendimiento de filtros de lecho de arena de flujo lateral para aguas residuales para simular el lecho de arena de un río y se tomó en cuenta la tasa de carga y la longitud de filtración el efecto de la temperatura en la eficiencia de filtración del modelo, el filtro de lecho de arena de flujo lateral fue bastante eficiente en materia orgánica la eliminación tuvo una eficiencia media de 90,6 % y con una eficiencia media de aumento del 48,9 % en demanda de oxígeno. La eficiencia de remoción promedio en la remoción de Coliformes totales fue de 34,9 %. El modelo de filtro de arena ha mostrado menor remoción en EC, TDS y Salinidad (4%-6%). El pH de las aguas residuales muestra que cambió ligeramente de ácido a alcalino debido a la filtración. El valor medio de pH de las aguas residuales aumentó de 6,72 (antes de la filtración) a 7,5 (después de la filtración). La temperatura de la arena muestra un efecto positivo en la eliminación de DBO. A medida que la temperatura del lecho de arena aumenta de 28,4 °C a 35,80 °C, el % de eliminación de DBO aumenta de 80,3 % a 91,5%. La tasa de carga tiene un efecto significativo en la eliminación de contaminantes.

Para Kholoma, Renman y Renman (2016) en su investigación acerca de supresión de fósforo de las aguas residuales mediante lechos filtrantes fortificados trabajando a una escala de campo durante un periodo de un año donde instalaron lechos impermeables de flujo descendente que estuvieron compuestas de arena y hormigón gaseoso, construidos junto a un lecho de arena de referencia ,cubriéndolo con una capa de biocarbón de 0,2 m. Aguas residuales domésticas pretratadas con concentraciones medias n concentraciones medias de 6,4 mg/L  $VO_{3-4}$  y 142,6 NTU, con una carga hidráulica de 4 cm/d de este modo se encontró resultados de que El hormigón elimino hasta el 40 % del P afluente de las aguas residuales reales en condiciones de campo. Asimismo, se encontró que el biochar contribuyó significativamente ( $p = 0.04$ ) (en >8%) a la eficiencia de eliminación de P del lecho de arena, Sin embargo, la calidad del efluente fue inferior al límite de descarga en el área de estudio.

En la investigación de Cescon y Jiang (2020) evaluó el proceso de filtración y material de medios filtrantes alternativos en el tratamiento de agua haciendo una revisión y comparación acerca del desempeño de medios alternativos con

arena/antracita tradicional en el tratamiento de agua potable, encontrando así algunas ventajas en el uso de medios alternativos, especialmente medios de vidrio, incluyendo un alto rendimiento de filtración para la eliminación de partículas residuales y turbidez, del mismo modo reviso los procesos de filtración y las configuraciones operativas que brindan en el campo de la tecnología y el tratamiento del agua, en el tratamiento del agua modificando la filtración existente y desarrollo lento de pérdida de carga.

Para Dushkin, Martynov y Dushkin (2020) en su trabajo de investigación evaluó la eficiencia creciente de los clarificadores de flujo ascendente con el uso de una solución concentrada de sulfato de aluminio coagulante para aumentar la eficiencia de los clarificadores de flujo ascendente para la preparación de agua potable. El tratamiento de agua utilizó coagulantes de contaminantes coloidales y dispersos en bruto es uno de los métodos más comunes resultando así que el método para aumentar la eficiencia de los clarificadores de flujo ascendente se propuso para el tratamiento del agua clarificada con la solución coagulante concentrada de sulfato de aluminio que permite optimizar las propiedades del medio de contacto del clarificador, proceso de clarificación redujo su dosis en 15% de promedio sin deteriorar la calidad de agua, la aplicación de la solución coagulante tuvo una eficiencia de máximo contenido de sólidos en suspensión hasta 200 mg/dm<sup>3</sup>.

Para Lahin, Sarbatly y Chel-Ken (2021) en su trabajo de investigación donde evaluó el filtro de flujo ascendente de arena en el punto de uso para el tratamiento de agua rural con arena local natural: comprensión y predicción de la caída de presión realizando un filtro de arena de flujo ascendente simple a pequeña escala con tres muestras de arena del río Liwagu (SL), del río Tamparuli (ST) y del río Kaingaran (SK), posterior a ello se realizó una caracterización por el tamaño de grano, la porosidad, la densidad aparente, donde se determinó que el tamaño de grano fue SL (2,5 mm) > PT (1,7 mm) > SK (1,5 mm), asimismo el análisis de caída de presión mostró que un tamaño de grano más pequeño contribuye a una mayor caída de presión de este modo un grano de arena más pequeño, aunque podría aumentar la eficiencia de remoción, también aumenta la caída de presión y el requerimiento de energía de bombeo por lo tanto, la optimización de la altura del lecho del filtro si se puede realizar.

Para Ramírez (2019) quien realizó su investigación acerca del sistema de lecho filtrante a través de un diseño con uso de microorganismos eficientes en la reducción de la materia orgánica presente en las aguas residuales para ello procedió a tomar muestras de aguas residuales en un punto de descarga hacia un cuerpo receptor, para ello recogió una muestra de volumen de 20L en un balde de plástico para proceder con el tratamiento piloto, utilizando también 1L de aceite de cocina refrigerado y una mezcla del EM + Agar Agar de la cual se escogió 20 mL con una jeringa, sobre la superficie del aceite se formaron gota por gota algunas perlas con el cual llenaron el cartucho obteniendo microorganismos eficientes encapsulados de este modo se obtuvieron resultados donde la concentración de DBO disminuyó en un 47,6%, el DQO disminuyó en 44,1% evidenciando así existió una eficiencia con respecto a la remoción de parámetros de DQO y DBO.

En su trabajo de investigación Gomez (2018) realizó un diseño de un filtro para reducir la turbidez haciendo uso de material litológico en aguas residuales, como medio filtrante el material fue recolectado de 2 lugares diferentes que fueron acondicionando y calcinado para formar el lecho filtrante, después se realizaron pruebas de porosidad para posteriormente hacer una caracterización de las muestras de aguas residuales, evaluando algunos parámetros como: turbidez, DBO, dureza y nitratos, sólidos suspendidos, conductividad, los suelos tuvieron un tamaño de 5 nm-10 mm, con una muestra de 100g de cada lecho y donde se analizan los parámetros: de conductividad, pH, turbidez, DBO, de este modo se evaluaron la mejor eficacia en la disminución de turbidez los cuales evidenciaron que los resultados más favorables fueron, fabricados con material de Alborada dimensionando el filtro con las combinaciones de los mejores resultados.

Para Vergara (2021) en su trabajo de investigación tuvo por objeto proponer el diseño de biofiltros para tratamiento de aguas residuales domésticas con el propósito de usar los filtros para mejorar el manejo, la investigación tuvo un diseño experimental, descriptiva, basado en la revisión documental ayudado de algunos archivos sistemáticos con el propósito de minimizar el vertido de los contaminantes hacia los cuerpos hídricos. Buscando en la base de datos de: Cinahl, Cuiden, Ibecs, Lilacs, Pubmed, Proquest, Psycinfo, Scielo, Scopus y Google académico aplicando algunos criterios para la inclusión y exclusión, para poder lograr la remoción de los

parámetros de: Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) el cual obtuvo un resultado que fue igual a 96%, en sólidos suspendidos totales (SST) un resultado de 90%, estas en acción de biofiltro de flujo o sistemas de plantas con libre flotación (FL), Asimismo la Demanda Química de Oxígeno tuvo un resultado igual a 91%.

El alcance teórico más relevante se da a conocer a continuación, estos servirán de sustento para el desarrollo de la investigación.

Las aguas residuales se caracterizan por sus propiedades físicas y químicas o biológicas se han modificado como un resultado de la adición de algunas sustancias que lo hacen inseguro para algunos propósitos, en general estas aguas fueron usadas en procesos de transformación y/o limpieza, constituyendo así un residuo (Vergara, 2021). Los tipos de aguas residuales se pueden describir como muestra la **Figura 1**.



Fuente:(Vergara 2021)

**Figura 1.**Tipos de aguas residuales, según su proveniencia.

Las aguas residuales de origen doméstico surgen como un líquido turbio, presentan un color gris o amarillento con un olor característico séptico y tienen partículas suspendidas de: residuos vegetales, tiras de papel, sedimentos y heces, materiales sintéticos. El colector que los conduce estas residuales pueden ser largos presentando un flujo más turbulento, en la alcantarilla las partículas presentes en el agua residual serán más pequeñas (Reyes, 2020). La escorrentía de las aguas

pluviales engloba a las aguas de las calles, del patio abierto, etc., después del evento de lluvia que se suscita a través de los desagües o alcantarillas.

El agua residual presenta ciertas características: físicas, químicas y biológicas entre ellas se tiene: El olor, es un parámetro físico de caracterización importante ya que es producto de los gases que fueron liberados por la materia orgánica en el proceso de descomposición, haciendo que presente un olor peculiar debido a la presencia de sulfuro de hidrogeno producidos por reducción de los sulfatos a sulfitos por actividad de los microorganismos (Aquino et al., 2018).

La temperatura del agua residual es más prominente que la temperatura cuando se suministra por acción de los tratamientos a los cuales son sometidos los efluentes, el cambio climático puede variar la temperatura del agua por los calores específicos que poseen (Gomez, 2018). Siendo un factor importante en los diversos procesos que se realizan en los sistemas biológicos (De la Mora et al., 2020).

Las aguas residuales presentan el color debido a la presencia de sólidos suspendidos, el color verde que presentan algunas aguas es producto de las sustancias coloidales y sustancias disueltas, el color es un parámetro importante ya que a partir de ello se puede deducir a simple vista que puede ser producto de la sustancias que son arrojadas a las alcantarillas o desagües y donde se pueden encontrar algunas colorantes que las industrias utilizan, los ácidos húmicos y fúlvicos, taninos y otros muchos elementos más (Aquino et al., 2018).

La turbidez es el parámetro físico que las propiedades de dispersión de la luz de acción de las aguas, esto es producto de la presencia de solidos suspendidos, coloides entre alguna otra partícula. Este parámetro afecta directamente los resultados positivos en el tratamiento de aguas causando contaminación del entorno (Gomez, 2018) Además, alto el grado de turbidez puede proteger los microorganismos de los efectos de la esterilización, estimular el crecimiento de bacterias (Martínez et al., 2019).

Las características químicas de las aguas residuales también conocidas como aguas residuales de origen municipal, son básicamente aguas residuales de residencias (casas), edificios de negocios (por ejemplo, hoteles) e instituciones (por

ejemplo, universidades). A su vez se puede clasificar en aguas grises y aguas negra (Sánchez y Fernandez, 2016).

Entre otras características que presentan las aguas residuales son las químicas, las cuales tienen presencia de partes químicas de las aguas residuales inorgánicos y orgánicos, dentro de los inorgánicos incluyen: nutrientes, constituyentes no metálicos, metales y gases del mismo modo algunos elementos como: calcio (Ca), cloruro ( $\text{Cl}^{1-}$ ), hierro (Fe), cromo (Cr) y zinc (Zn), óxidos de azufre, compuestos metálicos, entre otros; Por otro lado los constituyentes orgánicos comprenden algunos compuestos indistinguible de los componentes químicos (Mosqueira, 2015).

El contenido de sólidos se expresa como partículas coloidales y visibles en las aguas residuales, que consisten en materiales orgánicos como carbohidratos, celulosa, partículas fibrosas, quitina y otros componentes de tipo orgánico (Aquino et al., 2018).

El pH es un indicador esencial que ayuda a medir el nivel de acidez o alcalinidad definiendo la concentración de iones hidrógeno para determinar si existe cambio o la aptitud del agua (Gomez, 2018).

El Oxígeno Disuelto es fundamental para el correcto funcionamiento de la oxidación de los microorganismos aeróbicos, también es importante para otros organismos o formas de vida; Esta molécula se caracteriza por su ligera solubilidad en agua (Gomez, 2018).

La demanda química de oxígeno (DQO) es un parámetro químico orientado a medir la cantidad de sustancias que pueden oxidarse por medios químicos que se disuelven en suspensión en la muestra líquida. Midiendo el grado de contaminación la cual se expresa en mg/L (Astonistas, 2018).

Demanda Bioquímica Oxígeno (DBO) es un parámetro que se basa en medir la cantidad de consumo de oxígeno durante la descomposición bioquímica de la materia orgánica en los procesos biológicos aeróbicos a través de bacterias y protozoos por lo cual es un indicador de una medida indirecta en términos de concentración de materia orgánica e inorgánica degradable o posiblemente modificada biológicamente (Astonistas, 2018).



Las aguas residuales por las sustancias empleadas deterioran las fuentes receptoras, ocasionando pérdidas económicas y también algunas enfermedades en los habitantes que utilizan el recurso hídrico cuetas abajo (Atoche y Hilaquita, 2020).

Con menos frecuencia en un sistema de tratamiento aeróbico, hay una conciencia cada vez mayor de las consecuencias de la descarga de aguas residuales en el medio ambiente que podría conducir a la eutrofización y enfermedades relacionadas con la calidad del agua. Sin embargo, algunos estudios han evaluado la eliminación de contaminantes orgánicos en instalaciones de tratamiento de aguas residuales in situ (OSSF) (Blum et al., 2019).

Las aguas residuales domesticas tienen en su composición un 99,9% de agua y un 0,1% de sólidos, de estas un total del 70% son orgánicos y el 30% son inorgánicos entre algunos compuestos se encuentran arenas, sales y metales; siendo solo éste 0,1%, el que debe ser sometido en una planta de tratamiento (PTAR) (Enriquez, 2018).

La mayoría de PTAR desarrollan tratamiento primario (eliminación física de sólidos flotantes y sedimentables) y tratamiento secundario (eliminación biológica de sólidos disueltos).

El tratamiento primario involucra: Revestimiento (para remover objetos grandes, como piedras o palos, que puedan obstruir las líneas o los conductos); Cámara de arenisca (ralentiza el flujo para permitir que la arenisca se desprenda); Tanque de sedimentación – clarificar (los sólidos sedimentables se sedimentan y son bombeados, mientras que los aceites flotan hasta la parte superior).

El tratamiento secundario utiliza típicamente procesos de tratamiento biológico, en los cuales los microorganismos convierten los sólidos no sedimentables en sólidos sedimentables, como los siguientes: Lodos activados (la opción más común es el uso de microorganismos en proceso de tratamiento, para descomponer la materia orgánica con aireación y agitación, y luego permite que los sólidos se asienten, esta es la etapa se elimina hasta el 90 % de la materia orgánica; los fangos activados que contienen bacterias se recirculan continuamente al tanque de aireación para aumentar la velocidad de descomposición orgánica); Filtros de goteo (estos son

lechos de medios gruesos (a menudo piedras o plástico) de 3 pies - 10 pies de profundidad. Las aguas residuales se rocían para la aireación y luego se dejan filtrar a del medio, los microorganismos, adheridos y que crecen en el medio, descomponen la materia orgánica. Los filtros de goteo drenan en la parte inferior; las aguas residuales son recogidas y a continuación, se somete a sedimentación en lagunas (estas son lentas, baratas y relativamente ineficientes, pero pueden ser usadas para varios tipos de aguas residuales. Dependen de la interacción de la luz solar, las algas, los microorganismos y el oxígeno a veces aireado).

Después del tratamiento primario y secundario, las aguas residuales municipales se desinfectan generalmente con cloro (otros compuestos desinfectantes, u ocasionalmente ozono o luz ultravioleta) y pasan a un tratamiento terciario (tratamientos avanzados) puede incluir procesos para eliminar nutrientes como el nitrógeno y el fósforo, y adsorción de carbono para eliminar productos químicos. Estos procesos pueden ser físicos, biológicos o químico.

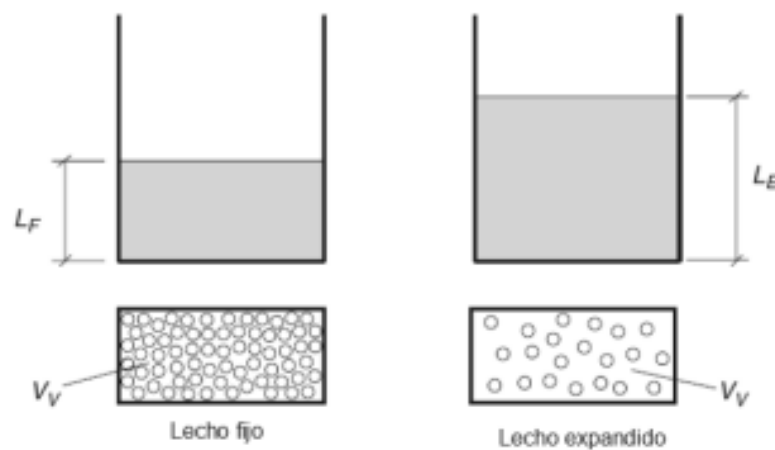
El lecho filtrante retiene las partículas presentes y suspendidas en el agua, las partículas más grandes que los poros que los formados por el medio filtrante, que atrapa mecánicamente. Del mismo modo durante el paso de los sólidos a través de la capa filtrante se crean el proceso de sedimentación por una especie de decantador, luego por acción de fuerzas centrífugas el agua en circulación sigue trayectorias curvilíneas provocando la aparición de fuerzas de inercia que provocan la colisión de las partículas provocando flóculos más grandes dando lugar a (fuerzas de Van der Waals y electrocinéticas) (Sectoriales, 2021). Estos sistemas también son conocidos por su simplicidad de construcción y operación. Se pueden utilizar recursos locales en su construcción y no necesitan dosificación de productos químicos durante la operación (De Souza et al., 2016).

Los filtros presentan características similares a la de un tamiz o cribas ya que cumplen la función de separar el material suspendido presentes en las aguas las cuales fluyen haciendo que se queden en el medio filtrante (Gomez, 2018). La filtración con medios granulares es el método más adecuado para sitios de alta impermeabilidad y se usa con mayor frecuencia en áreas altamente de zonas urbanizadas u otras que necesiten de este medio de filtración (Hwang et al., 2021). El uso de estos sistemas de filtración se ha venido usando en varios tipos de aguas

residuales de origen principalmente doméstico, pero también industrial, minero, agrícola (Koiv et al., 2016).

El uso de filtros de arena de flujo lento es una buena alternativa para proporcionar una solución de bajo costo para producir agua segura. Mientras tanto los filtros lentos de arena de flujo ascendente no son comunes y solo hay unos pocos estudios en los que se ha utilizado esta tecnología. Se demostraron buenos resultados en turbidez, color aparente y remoción de coliformes (De Souza et al., 2017). El fin es mejorar y aprovechar el proceso de filtración, que generalmente utiliza materiales granulares porosos y tejidos finos permeables, estudiando y determinando eficiencia de remoción de contaminantes y organismos patógenos (Mayacela et al., 2021).

Las partículas en suspensión entran en contacto y se adhieren al medio filtrante a través de una o más de las siguientes combinaciones de los mecanismos: Interceptación, Sedimentación, Difusión, Momento inercial, Floculación y Cizallamiento o gradiente de velocidad del fluido. Haciendo una interacción entre los factores que actúan como la **Figura 2**.



Fuente:(Vásquez, 2019)

**Figura 2.**Relación entre porosidad y expansión del medio filtrante durante el retrolavado.

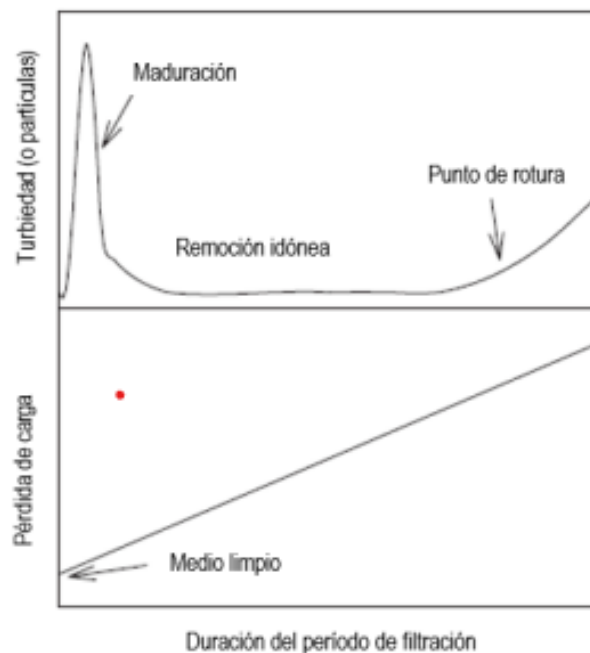
Existen tres métodos básicos para controlar la velocidad del flujo a través del filtro: filtración de caudal constante, una presión constante se mantiene en todo el

sistema de filtrado, La filtración a velocidad constante también puede ser controlada por dividir el flujo de afluencia en partes iguales al flujo por medio de una caja de presa de influencia en filtro, La velocidad de filtración determina el volumen de agua que puede ser filtrada diariamente.

Estos métodos difieren principalmente en la forma en que la caída de presión (fuerza motriz) se aplica a través del lecho filtrante. Estos métodos son: filtración a presión constante, filtración a velocidad constante y filtración a velocidad decreciente.

Cuando se opera bajo condiciones de presión constante, la caída de presión total disponible a través del filtro se mantiene igual a lo largo de todo el recorrido del filtro. La tasa de filtración es alta al principio del filtro porque la permeabilidad del filtro es elevada.

La **Figura 3** muestra el rendimiento de la filtración de medios granulares en términos de turbiedad y pérdida de carga. Una comparación entre la producción de agua neta con respecto a la longitud de filtrado.



Fuente:(Vásquez,2019)

**Figura 3.**Rendimiento de la filtración de medios granulares en términos de turbiedad y pérdida de carga.

Existe una interrelación entre algunos factores como la profundidad del filtro, el tamaño, y la tasa de filtraciones general, la calidad de los filtrados se mejora mediante el uso de medios más finos, mayor profundidad del medio, o menor de filtración. Del mismo modo, la generación de pérdidas de carga se incrementa con un material más fino y una mayor profundidad del material, y mayores tasas de filtración.

Los medios filtrantes granulares son comúnmente: arena de sílice, arena de granate, carbón de antracita. Estos medios pueden ser comprados en una amplia gama de tamaños efectivos y coeficientes de uniformidad. El término coeficiente de uniformidad designa la relación entre el tamaño del grano que tiene el 60 % de la muestra más fina que ella misma, el tamaño efectivo al tamaño efectivo que tiene un 10 % más fino que a sí mismo. usó arena de sílice con un tamaño de partícula de 2 mm a 4 mm para estudiar un filtro de lecho granular. El modelo de lecho granular usaba un lecho móvil y la entrada del lecho granular tenía una disposición de deflectores. Se estudió la influencia del ángulo y la longitud del deflector en la eficiencia de filtración de la entrada del lecho granular (Xiao et al., 2018).

Mientras el agua de retrolavado fluye en sentido ascendente, la pérdida de carga a través del lecho fijo es una función lineal de la tasa de flujo a velocidades superficiales bajas, cuando el flujo es laminar. Para partículas granulares más densas o de mayor tamaño (Vasquez, 2019).

Cuando hay pérdida de carga y la longitud de corrida, los filtros de medios granulares eliminan los sólidos suspendidos de una de las siguientes maneras: Por medio de medios más finos en la parte superior del filtro que forman una capa relativamente delgada de sólidos depositados en la superficie; por medio de la eliminación de los sólidos dentro de los huecos a una profundidad dentro del el medio poroso y por una combinación de remoción de superficie y remoción de profundidad. Cuanto más uniforme sea la distribución de los sólidos en la profundidad del medio filtrante, mejor será el uso del cabezal disponible.

Cuando los sólidos se eliminan predominantemente en la superficie, se produce una rápida pérdida de carga y se observan corridas cortas de los filtros.

### **III. METODOLOGÍA**

### III.1. Tipo y diseño de la investigación

En esta investigación se aplicó un tipo de investigación aplicada, ya que implica la aplicación práctica de la ciencia que accede y utiliza parte de las teorías, el conocimiento, los métodos y las técnicas de las comunidades de la investigación (Tamayo, 2004), para resolver problemas (altas concentraciones de DBO<sub>5</sub> y turbidez de aguas residuales urbanas) que tienen un impacto en la salud y medio ambiente.

El desarrollo del diseño de la investigación fue experimental, factorial 2<sup>3</sup> relacionando las variables, para manipularlas y desarrollar la parte experimental con el fin de observar las consecuencias (Hernandez, Fernandez y Baptista, 2014). En la investigación se estudió a tres factores (A, B y C), cada uno con dos niveles por lo que corresponde a un diseño factorial, como muestra la **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Factores y dominio experimental

Factores	Dominio Experimental	
	Nivel (-1)	Nivel (+1)
A: Relación entre Arena/grava	1/2	2/1
B: Tiempo de retención hidráulica (h)	2	3
C: Granulometría de grava (# de malla)	25	45

De la **Tabla 1** se entiende lo siguiente:

$2A*2B*2C=2*2*2=2^3$  lo que nos indica que se tiene 3 factores: A (Proporción de Arena/Grava), B (Tiempo de retención hidráulica), C (Granulometría de grava); y que cada factor tiene dos niveles denotados por -1 y +1 lo que indica nivel alto y nivel bajo mostrado líneas abajo.

El diseño factorial de dos niveles tiene: 3 factores, 3 réplicas, 8 corridas de base, con un total de 24 corridas; se realizarán 3 réplicas por tratamiento para tener mayor confiabilidad entre los resultados, por lo que se multiplica por 3 a las corridas base resultando 24 corridas experimentales en total que se desarrollan, se muestra en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.**Matriz de diseño experimental

N	Factores			Pruebas experimentales		
	A	B	C	Réplica	Réplica	Réplica
	A/G	TRH	# de malla	1	2	3
1	a	a	a	Y <sub>aaar1</sub>	Y <sub>aaar2</sub>	Y <sub>aaar3</sub>
2	b	a	a	Y <sub>baar1</sub>	Y <sub>baar2</sub>	Y <sub>baar3</sub>
3	a	b	a	Y <sub>abar1</sub>	Y <sub>abar2</sub>	Y <sub>abar3</sub>
4	b	b	a	Y <sub>bbar1</sub>	Y <sub>bbar2</sub>	Y <sub>bbar3</sub>
5	a	a	b	Y <sub>aabr1</sub>	Y <sub>aabr2</sub>	Y <sub>aabr3</sub>
6	b	a	b	Y <sub>babr1</sub>	Y <sub>babr2</sub>	Y <sub>babr3</sub>
7	a	b	b	Y <sub>abbr1</sub>	Y <sub>abbr2</sub>	Y <sub>abbr3</sub>
8	b	b	b	Y <sub>bbbr1</sub>	Y <sub>bbbr2</sub>	Y <sub>bbbr3</sub>

La ecuación matemática que relaciona a las variables independientes para dar como resultado a la DBO<sub>5</sub> y turbidez se muestra mediante la siguiente notación de modelo de regresión.

Notación de los modelos de regresión

$$Y_{ijkl} = \mu + \delta_i + \beta_j + k(\delta\beta)_{ij} + (\delta)_{ik} + (\beta)_{jk} + (\delta\beta)_{ijk} + ijk \dots \dots (1)$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = Observación cualesquiera dentro del experimento

$\mu$  =Media poblacional

$\delta_i$  = Efecto aleatorio de la i-ésima primera variable

$\beta_j$  =Efecto aleatorio de la j-ésima segunda variable

$k$  = Efecto aleatorio del k-ésimo tercera variable

$(\delta\beta)_{ij}$  = Efecto de la interacción de  $\delta_i$  y  $\beta_j$

$(\delta)_{ik}$  = Efecto de la interacción de  $\delta_i$  y  $k$

$(\beta)_{jk}$  = Efecto de la interacción de  $\beta_j$  y  $k$

$(\delta\beta)_{ijk}$  =Efecto de la interacción de  $\delta_i$ ,  $\beta_j$  y  $k$

$ijk$  = Error experimental



$i = 1, 2, \dots, a$ ; primera variable

$j = 1, 2, \dots, b$ ; segunda variable

$t = 1, 2, \dots, c$ ; tercera variable

$l = 1, 2, \dots, r$ ; donde  $r$  es el número de réplicas

$n = abc r$ , es el número de observaciones

### **III.2. Variables y operacionalización**

#### **Variables**

**Independiente:** Agua residual domestica

**Dependiente:** Remoción de  $DBO_5$  y turbidez

#### **Operacionalización**

**Variable Independiente:** Agua residual domestica

**Variable Dependiente:** Remoción de  $DBO_5$  y turbidez: Parámetros que se evalúan en el muestreo aguas residuales.

En el anexo N° 4 se muestra la matriz de operacionalización de variables donde se han identificado las dimensiones y sus correspondientes indicadores que permitieron evaluar y contestar cada uno de los objetivos planteados en la investigación.

### **III.3. Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

La población fueron las aguas residuales domésticas del anexo de Llapay, la cual consume 500 L de agua en total por día para satisfacer las necesidades. Entendiéndose como población a un conjunto finito así, una población es un grupo limitado o carente de horizonte y tiene características comunes a las que se pueden extender las conclusiones de exclusión (Gallardo, 2017).

## Muestra

En el anexo de Llapay albergan 50 habitantes, todas cuentan con servicio de agua potable (INEI, 2017), las cuales generan aguas residuales. Para esta investigación la muestra estuvo comprendida por 15 viviendas del anexo, para ello utilizó un muestreo aleatorio simple de los efluentes transportados por las tuberías que desembocan al Río Cañete, habiéndose seleccionado un volumen total de 31 litros de agua residuales domésticas para la investigación. Entendiéndose por muestra a un subconjunto que es finitos de una variable (Gallardo, 2017).

## Muestreo

El muestreo tuvo base en los lineamientos del protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales Domésticas o Municipales-PTAR la cual fue aprobada por la R.M. N°273-2013-Vivienda.

La unidad muestral fue de 500 mL para el estudio de caracterización inicial de turbidez y DBO<sub>5</sub> de las aguas residuales de tipo domésticas del anexo de Llapay, asimismo la unidad de análisis fue el agua residual doméstica.

### III.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica aplicada para la investigación fue la observación, la cual permite la interrelación del investigador con la recolección de las aguas residuales del anexo de Llapay para luego para ser sometidos al tratamiento usando un lecho de filtro con la finalidad de reducir el DBO<sub>5</sub> y turbidez.

Las técnicas e instrumentos que se utilizaron en la investigación se detallan en la **Tabla 3**.

**Tabla 3.** Técnicas e instrumentos de la investigación.

ETAPA	FUENTE	TECNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
<b>Estudio del proyecto de investigación</b>	Material bibliográfico	Observación	Formato de campo	Información del área de estudio
<b>Recolección de muestras</b>	En el anexo de Llapay	Observación	Ficha de datos de muestra.	Obtención de aguas residuales domésticas.

<b>Determinación de las características iniciales de la muestra</b>	Análisis de laboratorio	Análisis experimental	Ficha de la caracterización	Características iniciales de la muestra (DBO <sub>5</sub> y turbidez)
<b>Aplicación del lecho filtrante de flujo ascendente</b>	Aguas residuales domésticas	Observación	Ficha de proporción, granulometría y tiempo de retención hidráulica	Concentración final de DBO <sub>5</sub> y turbidez
<b>Análisis de resultados</b>	Resultados	Análisis estadísticos de la experimentación	Ficha de resultados (Minitab, Excel)	Contrastación de los objetivos e hipótesis

Dichos instrumentos fueron validados, mediante el criterio de juicio de expertos, para lo cual se solicitó a tres docentes de la UCV, el análisis y aprobación de los mismo, tal como se detalla en la **Tabla 4** y en el Anexo N° 5 y N° 6, donde se presentan los instrumentos validados.

**Tabla 4.** Validación de instrumentos

<b>Experto</b>	<b>Instrumento 1</b>	<b>Instrumento 2</b>	<b>Instrumento 3</b>	<b>Total</b>
Sr. Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez	90%	90%	90%	90%
Sr. Dr. Euterio Horacio Acosta Suasnabar	80%	80%	80%	80%
Sr. Ing. María Paulina Aliaga Martínez	90%	90%	90%	90%

### **III.5. Procedimiento**

#### **A. Recolección de muestras de aguas residuales**

Para la parte experimental y la determinación de características iniciales, se tomaron las muestras de agua residuales de las tuberías de desagüe de las 15 viviendas del Anexo de Llapay, las cuales desembocan en un solo punto hacia el Rio Cañete, tomando como base los lineamientos del protocolo de monitoreo de la calidad de los efluentes de las Plantas de Tratamientos de Aguas

Residuales Domésticas o Municipales-PTAR las cuales fueron aprobado por la R.M. N°273-2013-Vivienda.

Se identificó y anotó la ubicación del punto de muestre, mediante coordenadas de GPS, registrándolo en UTM y sistema WGS84 los cuales fueron anotado en el formato de registro de campo de muestreo y mostrados en la **Tabla 5**.

**Tabla 5.** Registro UTM del punto de muestreo

Altitud (m.s.n.m)	Coordenadas		Observaciones
	Este(X)	Norte(Y)	
2927	0410040	8636885	Punto de descarga de aguas residuales domésticas.

Simultáneamente se realizó la medición In situ de los parámetros de campo (temperatura y pH). Además, fue extraído 02 muestras de aguas residuales domésticas (01 muestra para análisis de turbidez, 01 muestra para análisis de DBO<sub>5</sub>); en botellas PED de 500 mL de capacidad; para su caracterización de DBO<sub>5</sub> y turbidez en un laboratorio acreditado. Las condiciones de preservación y almacenamiento para el análisis de DBO<sub>5</sub> serán de 4°C con un tiempo máximo de almacenamiento de 48 h, según protocolo mencionado, finalmente se rellenó las cadenas de custodia del respectivo laboratorio. Se transportó el material con las respectivas cadenas de frio, etiquetas, rotuladores, se recolectó adicionalmente una cantidad de 30 L de aguas residuales para las corridas experimentales.



**Figura 4.** Monitoreo de aguas residuales en el anexo de Llapay

## B. Caracterización del agua residual doméstica

Se realizó la caracterización inicial de turbidez y DBO<sub>5</sub> de las aguas residuales, está se realizó un Laboratorio.



**Figura 5.** Muestra para su respectiva caracterización inicial

## C. Montaje del filtro

El lecho filtrante que se utilizó fue de flujo ascendente, el cual está construido con principios de Pascal (Al ejercerse una presión sobre un fluido, esta se ejercerá con igual magnitud en todas las direcciones y en cada parte del fluido). Las aguas fueron impulsadas por la presión pasando por cada uno de los medios filtrantes. Se instaló una tubería en la parte inferior del filtro como desagüe para la toma de muestra del agua tratada (**Figura 6**).

El sistema de filtro fue de una estructura metálica, por ser liviana y no ocupar demasiado espacio para su montaje, además por ser más asequible económicamente. Se adaptó para que ingrese el efluente de la muestra de agua residual recolectada mediante un sistema de tuberías, para ello se usaron tuberías de ½ pulgada, y adaptadas a cada filtro con una llave de paso.

La dimensión de cada filtro fue de 21,6 cm x 9,5 cm (altura y radio) de forma cilíndrica las cuales tuvieron las siguientes proporciones de arena y grava mostradas en la **Tabla 6**, previamente la grava fue lavada con agua destilada

antes de ser montadas en los filtros (**Figura 7**). Asimismo, en la base se adaptó también una salida para que salga el agua tratada para ser llevada a laboratorio para los respectivos reportes (Vizcaíno y Fuentes,2016).



**Figura 6.** Montaje del filtro

**Tabla 6.**Datos de proporción de filtro

Filtro	Proporción (A/G)	#Malla	Tiempo de retención hidráulica	Cantidad (Kg)
1	1/2	25	2 horas	0,5 kg de arena
			3 horas	1 kg de grava
2	2/1	25	2 horas	1 kg de arena
			3 horas	0,5 kg de grava
3	1/2	45	2 horas	0,5 kg de arena

			3 horas	1 kg de grava
4	2/1	45	2 horas	1 kg de arena
			3 horas	0,5 kg de grava



**Figura 7.** Preparación de los materiales filtrantes arena y grava

El sistema de filtro (**Figura 8**) estuvo conectado a un balde de 20L de capacidad la cual albergo las aguas residuales del tipo domésticas recolectadas, en ella se conectó una válvula, con el fin de manipular en caudal de ingreso a los filtros. De este modo en base al balde de 20 L la cual contenía las aguas residuales se manipulo la válvula para dejar caer a los filtros, trabajando con dos tiempos de retención hidráulica que fueron de 2 horas y 3 horas de acuerdo con el diseño experimental.





**Figura 8.** Sistema de filtro

Los caudales de trabajo se hallaron con la siguiente formula:

- **Cálculo de caudal (Q)**

Aplicar la ecuación, en base de la retención hidráulica (Comisión Nacional del Agua «CONAGUA», 2015).

$$Q = \frac{V}{TRH} \dots\dots\dots(2)$$

Q = caudal medio, en m<sup>3</sup> /d

V= volumen del filtro, en m<sup>3</sup>

TRH = tiempo de residencia hidráulica, en d

#### **D. Funcionamiento del Lecho Filtrante**

El lecho filtrante fue alimentado con agua residual provenientes del Anexo de Llapay. Se construyó 04 filtros en la cual se dispondrá de 02 niveles de arena y grava. Las aguas tuvieron un flujo impulsado por presión en base a los principios de Pascal, atravesando cada lecho filtrante por un tiempo determinado y discurrieron o se precipitarán a causa de la gravedad a través de los lechos hasta llegar a la parte inferior del filtro en la que se realizó la toma de muestra de agua residual (**Figura 9**).





**Figura 9.** Funcionamiento del filtro

### **E. Desarrollo de las pruebas experimentales**

- El proceso de la filtración se inició con el flujo de las aguas residuales, por principios de presión, hacia los 04 filtros que se diseñaron:  
Para los siguientes pasos se tomó en cuenta a (Sánchez y Fernandez, 2016).
- Para el primer filtro (**Figura 10**) se usó una malla #25, para los materiales filtrantes con las proporciones entre arena y grava que fueron de (1/2), el tiempo de retención hidráulica fue de 2 h y 3 h.
- El segundo filtro es igual que el primer filtro con diferencia que las proporciones entre arena y grava fue de (2/1).
- Para el primer filtro se usó una malla #45, para los materiales (arena-grava) con las proporciones entre arena y grava que fueron de (1/2) el tiempo de retención hidráulica fue de 2 h y 3 h.
- En el cuarto filtro fue igual que el tercero, sin embargo, las proporciones entre arena y grava fue de 2/1.



**Figura 10.** Filtros usados para el sistema filtrante

### **III.6. Método de análisis de datos**

Se utilizó Microsoft Excel y MINITAB versión 18, softwares estadísticos que nos permitió obtener los análisis y confiabilidad de resultados, asimismo se analizó el gráfico de probabilidad normal, con pruebas de T student y análisis de datos con el Anova, para lo cual se tuvo que definir el tipo de distribución de los datos generados con lo cual se definió los análisis a través de la estadística paramétrica y la prueba de Tukey para la comparación de la varianza en función de los resultados y así poder precisar la influencia de las variables.

### **III.7. Aspecto ético**

El trabajo de investigación cita a los autores respetando la autoría intelectual y la ética de investigación de la universidad RCU N° 0126-2017/UCV y donde comprueba con el Turnitin, la no copia del trabajo de investigación con un porcentaje de 15%.

#### **IV. RESULTADOS**

#### IV.0. Aspectos generales

##### 4.0.1. Características del lecho filtrante

El lecho filtrante estuvo conformado por cuatro filtros los cuales tuvieron las mismas características dimensionales volumétricas con variación de condiciones operativas (proporción arena-grava, granulometría, tiempo de retención hidráulica).

**Tabla 7.** Características de los filtros usados

Características del filtro		
Dimensión	Volumen	Caudal
Forma cilíndrica 21,6 cm x 9,5 cm (altura y radio)	6128,46 cm <sup>3</sup>	51,07 mL/Min 34,04 mL/Min

De acuerdo a la **Tabla 7**, las características del filtro diseñado para el lecho filtrante para el desarrollo de las prueba experimental , se establecieron en función del volumen de aguas residuales, que se estableció en 6L teniendo una dimensión cilíndrica de 21,6 cm de altura x 9,5 cm de radio el volumen fue: 6128,46 cm<sup>3</sup> y finalmente el caudal fue determinado en base a los tiempos de retención hidráulica establecidos y de acuerdo a la formula especificada en la metodología, encontrando así un caudal de 51,07 mL/Min para un tiempo de retención hidráulica de 2 horas y un caudal de 34,04 mL/Min para un tiempo de retención hidráulica de 3 horas.

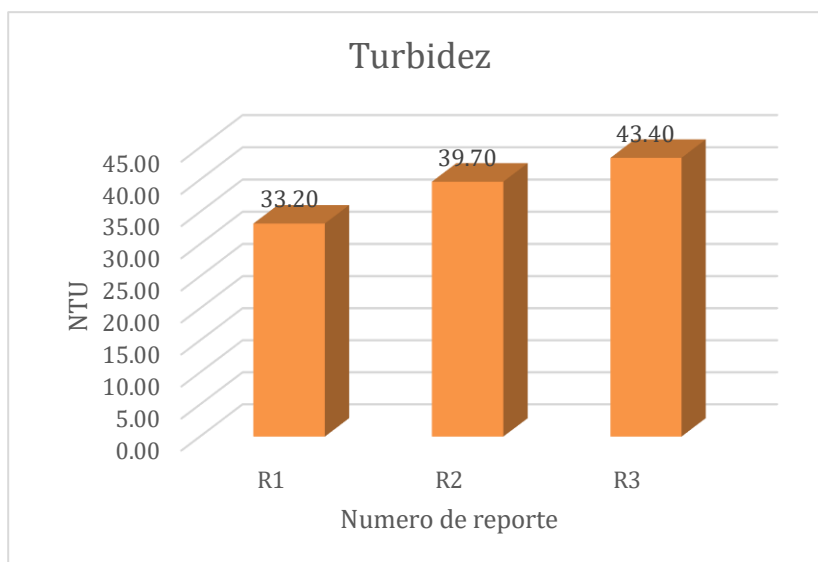
##### 4.0.2. Caracterización de las aguas residuales del distrito de Llapay

Se realizó un análisis preliminar de las aguas residuales, para lo cual se llevó al laboratorio de Grupo Jhacc S.A.C analizando la turbidez inicial y el DBO<sub>5</sub>, los cuales se muestran en el Anexo N<sup>o</sup>9 obteniendo los resultados, que se muestran en la **Tabla 8**.

**Tabla 8.** Datos iniciales de la medición de parámetros de turbidez y DBO<sub>5</sub>

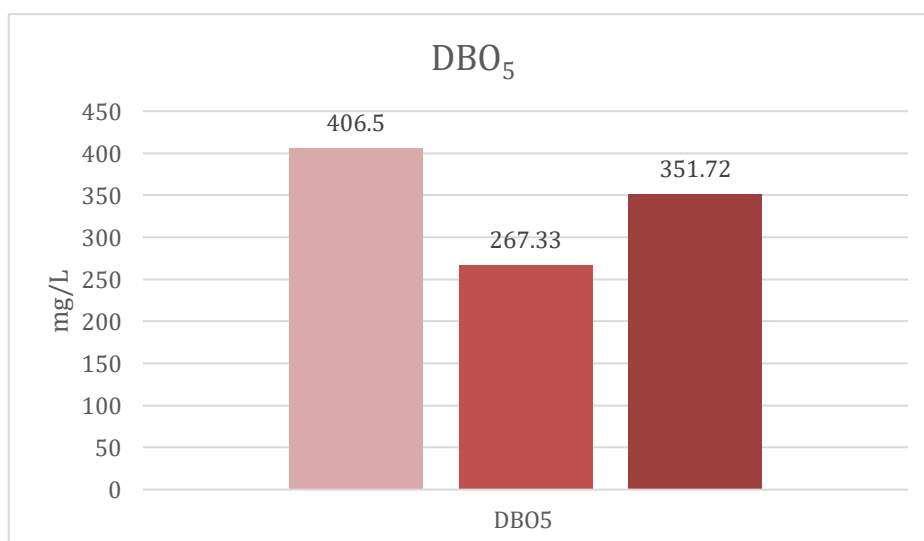
Reporte	TURBIDEZ(NTU)	DBO <sub>5</sub> (mg/L)
R1	33,20	406,5
R2	39,70	267,33
R3	43,40	351,72
SUMA	116,30	1025,55
PROMEDIO	38,77	341,85

Los datos iniciales reportados se muestran en la **Tabla 8**, observando que se encontró un valor promedio inicial de turbidez de 58,15 NTU y 512,78 mg/L de DBO<sub>5</sub> en las aguas residuales del anexo de Llapay.



**Figura 11.** Reportes de turbidez de aguas residuales del anexo de Llapay.

La **Figura 11** muestra que los reportes emitidos de turbidez los cuales tuvieron un valor de 33,20 NTU en el primer reporte en el segundo 38,70 NTU y el tercero 43,40 UNT siendo este último el valor más alto de los tres reportes emitidos.



**Figura 12.** Reportes de DBO<sub>5</sub> de las aguas residuales del anexo de Llapay

Como muestra la **Figura 12**, de los reportes emitidos de DBO<sub>5</sub> el primer reporte emitido fue de una concentración de 406,5 mg/L, el segundo fue 267,33 mg/L y el tercero 351,72 mg/L, siendo el primer reporte con valores más altos y el segundo el de valores mínimos.

#### 4.0.3. Resultados de las pruebas experimentales

Las pruebas de agua residual después de las siguientes condiciones de proporción de arena-grava  $\frac{1}{2}$  y  $\frac{2}{1}$ , tiempo de retención hidráulica de 2h y 3h granulometría malla # 25 y # 45, se enviaron al laboratorio del Grupo Jhacc S.A.C para obtener los resultados de turbidez y DBO<sub>5</sub> las cuales se dieron en tres reportes a partir de los cuales se elabora las siguientes tablas con los resultados finales.

**Tabla 9.**Resultados reporte 1

Filtro	A/G	#malla	Tiempo de retención	DBO <sub>5</sub> Final(mg/L)	%R DBO5	Turbidez Final(N TU)	%R turbidez
1	1/2	25	2	24,33	90,90%	14,88	55,18%
	1/2	25	3	22,73	91,50%	10,72	67,71%
2	2/1	25	2	19,40	92,74%	13,43	59,55%
	2/1	25	3	18,73	92,99%	8,74	73,67%
3	1/2	45	2	23,93	91,05%	15,73	52,62%
	1/2	45	3	22,40	91,62%	11,14	66,45%
4	2/1	45	2	20,87	92,19%	14,89	55,15%
	2/1	45	3	19,13	92,84%	9,22	72,23%

La **Tabla 9**, muestra los valores obtenidos en el primer reporte al finalizar las pruebas experimentales para DBO<sub>5</sub> donde los resultados estuvieron comprendidos entre valores mínimo de 18,73 mg/L y máximos de 24,33 mg/L del mismo modo se encontró que el porcentaje de remoción de DBO<sub>5</sub> estuvo comprendido entre un

mínimo de 90,90 % y máximo de 92,99%. Para el caso de la turbidez los resultados estuvieron comprendidos entre valores mínimo de 8,74 NTU y máximo de 15,73 NTU del mismo modo se encontró que el porcentaje de remoción de turbidez estuvo comprendido entre un 52,62% y máximo de 73,67%.

**Tabla 10.** Resultados del reporte 2

Filtro	A/G	#malla	Tiempo de retención	DBO <sub>5</sub> Final(mg/L)	%R DBO <sub>5</sub>	Turbidez Final (NTU)	%R turbidez
1	1/2	25	2	38,56	90,51%	17,73	55,34%
	1/2	25	3	33,79	91,69%	13,02	67,20%
2	2/1	25	2	29,89	92,65%	16,18	59,24%
	2/1	25	3	27,46	93,24%	10,59	73,32%
3	1/2	45	2	32,78	91,94%	19,01	52,12%
	1/2	45	3	30,41	92,52%	13,39	66,27%
4	2/1	45	2	29,02	92,86%	17,83	55,09%
	2/1	45	3	29,27	92,80%	10,85	72,67%

La **Tabla 10**, muestra los valores obtenidos en el segundo reporte al finalizar las pruebas experimentales para DBO<sub>5</sub> donde los resultados estuvieron comprendidos entre valores mínimo de 27,46 mg/L y máximos de 38,56 mg/L del mismo modo se encontró que el porcentaje de remoción de DBO<sub>5</sub> estuvo comprendido entre un mínimo de 90,51% y máximo de 93,24%. Asimismo para la turbidez los resultados estuvieron comprendidos entre valores mínimo de 10,59 NTU y máximo de 19,01 NTU del mismo modo se encontró que el porcentaje de remoción de turbidez estuvo comprendido entre un 52,12% y máximo de 73,32%.

**Tabla 11.**Resultados del reporte 3

Filtro	A/G	#malla	Tiempo de retención	DBO <sub>5</sub> Final(mg/L)	%R DBO <sub>5</sub>	Turbidez Final(NTU)	%R turbidez
1	1/2	25	2	32,76	90,69%	19,46	55,16%
	1/2	25	3	29,03	91,75%	20,98	67,53%
2	2/1	25	2	25,77	92,67%	23,74	59,22%
	2/1	25	3	25,57	92,73%	19,12	73,13%
3	1/2	45	2	30,03	91,46%	15,65	83,58%
	1/2	45	3	28,23	91,97%	21,07	67,26%
4	2/1	45	2	27,56	92,16%	14,63	86,66%
	2/1	45	3	27,18	92,27%	19,18	72,95%

La **Tabla 11**, muestra los valores obtenidos en el tercer reporte al finalizar las pruebas experimentales para DBO<sub>5</sub> donde los resultados estuvieron comprendidos entre valores mínimo de 25,57 mg/L y máximos de 32,76 mg/L del mismo modo se encontró que el porcentaje de remoción de DBO<sub>5</sub> estuvo comprendido entre un mínimo de 90,69% y máximo de 92,73%. Asimismo para la turbidez los resultados estuvieron comprendidos entre valores mínimo de 14,63 NTU y máximo de 23,74 NTU del mismo modo se encontró que el porcentaje de remoción de turbidez estuvo comprendido entre un 55,16% y máximo de 86,66%.

**Tabla 12.** Resumen de datos promedio de los reportes.

Filtro	A/G	#malla	Tiempo de retención	DBO <sub>5</sub> Final(mg/L)	%R DBO <sub>5</sub>	Turbidez Final(NTU)	%R turbidez
1	1/2	25	2	31,88	90,70%	17,36	55,23%

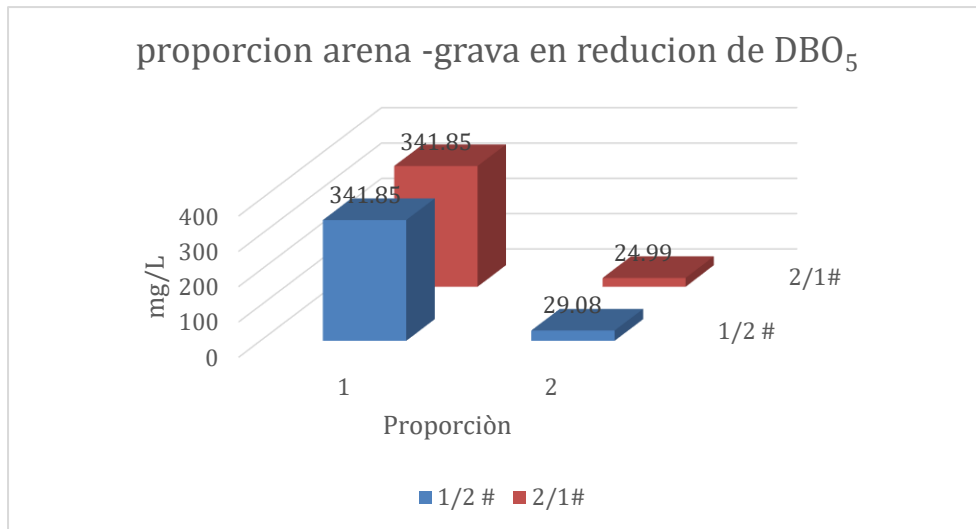


	1/2	25	3	28,52	91,64%	14,91	67,48%
2	2/1	25	2	25,02	92,69%	17,78	59,34%
	2/1	25	3	23,92	92,99%	12,82	73,38%
3	1/2	45	2	28,91	91,48%	16,80	62,77%
	1/2	45	3	27,01	92,04%	15,20	66,66%
4	2/1	45	2	25,82	92,41%	15,78	65,63%
	2/1	45	3	25,19	92,64%	13,08	72,62%

La **Tabla 12**, muestra los valores promedio obtenidos a partir de los 3 reportes obtenidos de las pruebas experimentales para  $DBO_5$  donde los resultados estuvieron comprendidos entre valores mínimo de 23,92 mg/L y máximos de 31,88 mg/L del mismo modo se encontró que el porcentaje de remoción de  $DBO_5$  estuvo comprendido entre un mínimo 90,70 % y máximo de 92,99%. Asimismo para la turbidez los resultados estuvieron comprendidos entre valores mínimo de 12,82 NTU y máximo de 17,78 NTU del mismo modo se encontró que el porcentaje de remoción de turbidez estuvo comprendido entre un 55,23% y máximo de 73,38%.

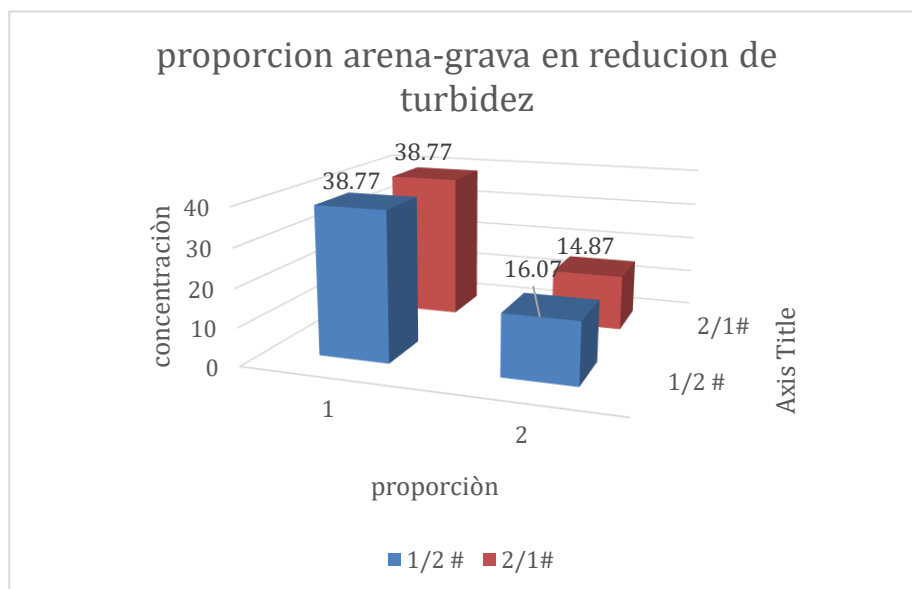
#### **IV.1. Efecto de proporción (arena-grava) en la reducción de $DBO_5$ y turbidez**

Para analizar el efecto de la proporción arena-grava en la reducción de la concentración de  $DBO_5$  y turbidez, se basaron en los datos promedios de la **Tabla 8** y **Tabla 12** para construir la gráfica de barras que se muestra en la **Figura 13** y **Figura 14**.



**Figura 13.**proporción de arena-grava en la reducción de DBO<sub>5</sub>

En la **Figura 13** se muestra el efecto de la proporción de arena –grava en la reducción de DBO<sub>5</sub> donde la proporción de 1/2 (arena-grava) una reducción de concentración inicial de 341,85 mg/L a 29,08 mg/L teniendo una reducción de 312,77 mg/L para el caso de proporción 2/1 (arena-grava) tuvo una concentración 341,85 mg/L a 24,99 mg/L, reduciendo en 316,86 mg/L, de este modo se mostró que la proporción de 2/1 tuvo mejor efecto.



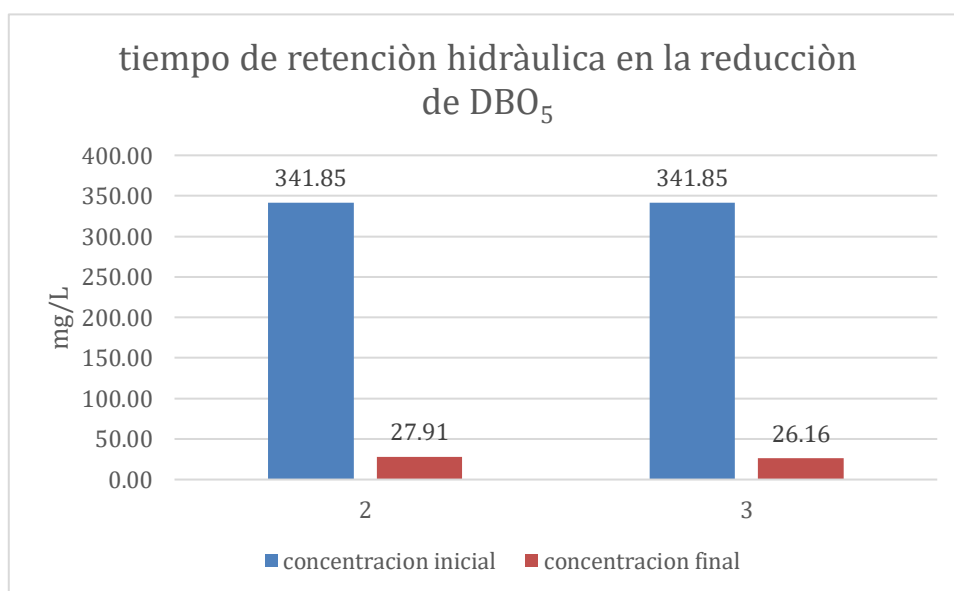
**Figura 14.** Efecto de la proporción en la reducción de turbidez

Como muestra la **Figura 14**, la reducción de turbidez con respecto a la proporción mostro resultados para una proporción de ½ (arena–grava) una

concentración inicial de 38,77 NTU y una concentración final de 16,07 NTU teniendo una reducción de 22,71 NTU, del mismo modo la proporción de 2/1 tuvo una concentración inicial de 38,77 NTU y una final de 14,87 NTU teniendo una reducción de 23,90 NTU, de este modo mostro mejores resultados en la proporción de 2/1.

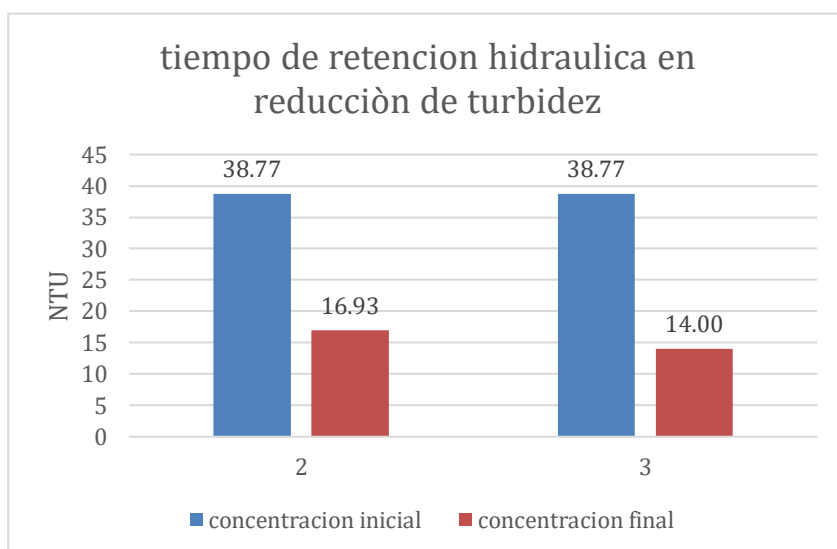
#### IV.2. Efecto de tiempo de retención hidráulica (TRH) en reducción de DBO<sub>5</sub> y turbidez

Con el fin de analizar el efecto del tiempo de retención hidráulica (TRH) en la reducción de la concentración de DBO<sub>5</sub> y turbidez, se basaron en los datos promedios de la **Tabla 8** y **Tabla 12** para construir la gráfica de barras que se muestra en la **Figura 15** y **Figura 16**.



**Figura 15.** Tiempo de retención hidráulica en la reducción de DBO<sub>5</sub>

La **Figura 15** muestra el efecto del tiempo de retención hidráulica (TRH) en la reducción de DBO<sub>5</sub> para el TRH de 2 horas tuvo una concentración inicial de 341,85 mg/L y una concentración final de 27,91 mg/L reduciendo 313,94mg/L mientras tanto para el TRH de 3 horas tuvo una concentración inicial de 341,85 mg/L y una concentración final de 26,18 mg/L reduciendo 315,69 mg/L de este modo el tiempo de retención hidráulica de 3 horas mostro una mayor reducción de DBO<sub>5</sub>.

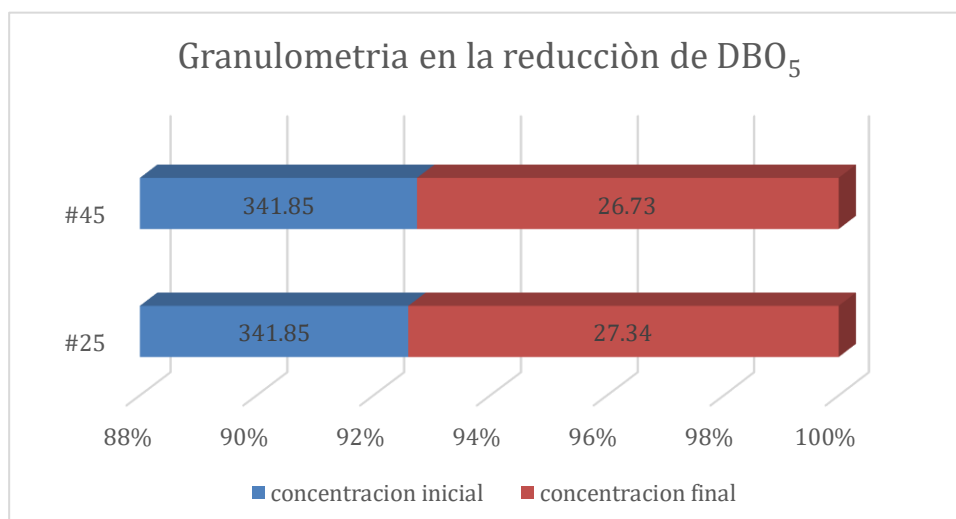


**Figura 16.** Tiempo de retención hidráulica en la reducción de turbidez.

La **Figura 16** muestra los tiempos de retención hidráulica trabajados para el TRH de 2 horas se encontró una concentración inicial de 38,77 NTU y una final de 16,93 NTU reduciendo 21,84 NTU para el caso del TRH de 3 horas se encontró una concentración inicial de 38,77 NTU y una final de 14,00 NTU reduciendo 24,77 NTU de este modo el TRH de 3 horas mostro una mayor reducción de turbidez.

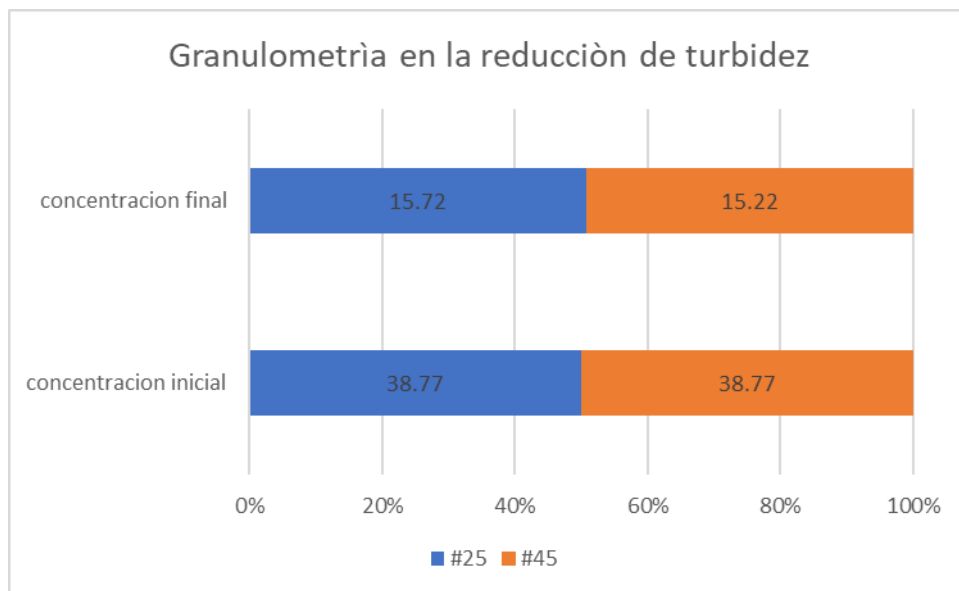
### IV.3. Efecto de la granulometría en la reducción de DBO<sub>5</sub> y turbidez

Con el fin de analizar el efecto de la granulometría en la reducción de la concentración de DBO<sub>5</sub> y turbidez, se basaron en los datos promedios de la **Tabla 8** y **Tabla 12** para construir los gráficos que se muestra en la **Figura 17** y **Figura 18**.



**Figura 17.** Efecto de la Granulometría en la reducción de DBO<sub>5</sub>

Como muestra la **Figura 17**, para el efecto de la granulometría se trabajó con mallas numero 45 la tuvo una concentración inicial de 341,85 mg/L y una concentración final de 26,73 mg/L teniendo una reducción de 315,12 mg/L, asimismo en caso de la malla numero 25 tuvo una concentración inicial de 341,85 mg/L y una concentración final de 27,34 mg/L con una reducción de 314,52 mg/L, de esto modo la malla numero 45 mostro mejor resultado para la reducción de DBO<sub>5</sub>.



**Figura 18.** Granulometría en la reducción de turbidez

Como muestra la **Figura 18**, para el efecto de la granulometría se trabajó con mallas numero 45 la tuvo una concentración inicial de 38,77 NTU y una concentración final de 15,22 NTU reduciendo así en 23,55 NTU, para el caso de la malla numero 25 tuvo una concentración inicial de 38,77 NTU y una concentración final de 15,72 NTU reduciendo en 23,05 NTU de esto modo la malla número #45 mostro mejor resultado para la reducción de turbidez.

#### IV.4. Porcentaje de remoción de DBO<sub>5</sub> y turbidez

Tabla 13. Remoción de DBO<sub>5</sub>

% Remoción de DBO <sub>5</sub>					
Filtro	Tiempo de retención	Reporte 1	Reporte 2	Reporte 3	Promedio
1	2	90,90%	90,51%	90,69%	90,70%
	3	91,50%	91,69%	91,75%	91,64%
2	2	92,74%	92,65%	92,67%	92,69%
	3	92,99%	93,24%	92,73%	92,99%
3	2	91,05%	91,94%	91,46%	91,48%
	3	91,62%	92,52%	91,97%	92,04%
4	2	92,19%	92,86%	92,16%	92,41%
		92,84%	92,80%	92,27%	92,64%
<b>Promedio</b>					<b>92,07%</b>

Como se muestra en la **Tabla 13** y **Figura 19** la remoción de DBO<sub>5</sub> tiene valores mínimos de 90,70% la cual se dio en el filtro número 1 con un tiempo de retención hidráulica de 2 h y máximo de 92,99% la cual se dio en el filtro 2 con un tiempo de retención hidráulica de 3 horas siendo el mayor porcentaje representativo.

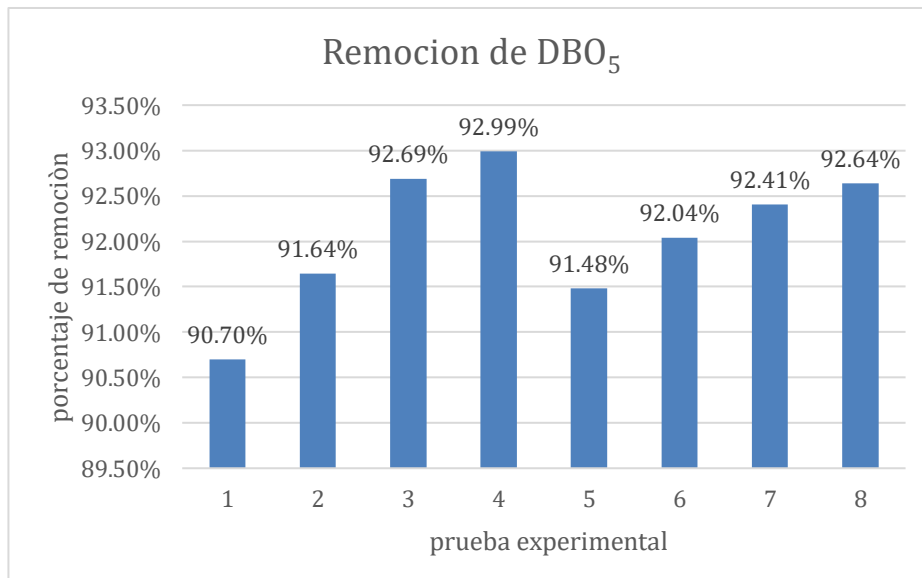
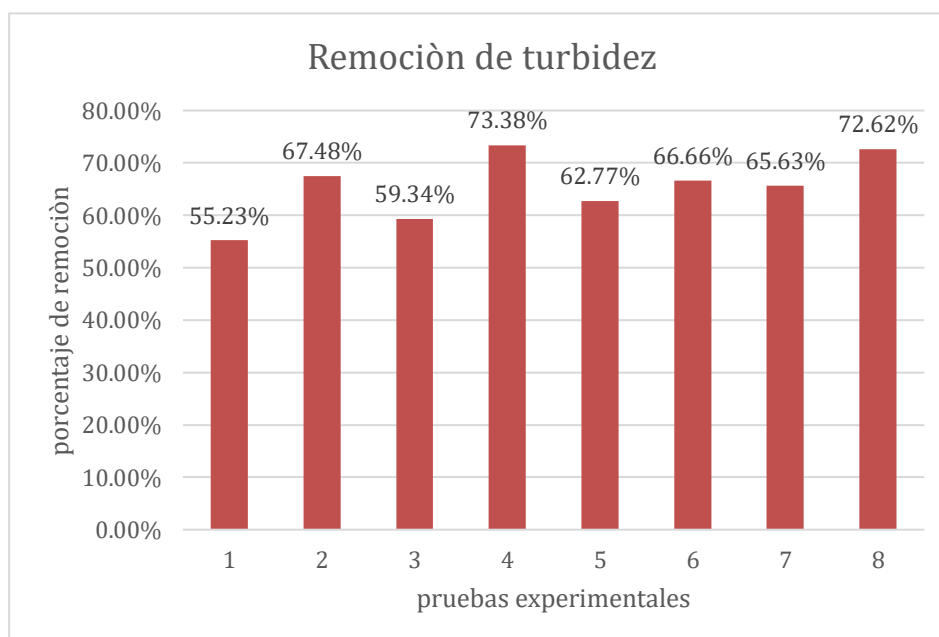


Figura 19. Remoción de DBO<sub>5</sub>

**Tabla 14.**Remoción de turbidez

% Remoción de turbidez					
Filtro	Tiempo de retención	Reporte 1	Reporte 2	Reporte 3	Promedio
1	2	55,18%	55,34%	55,2%	55,23%
	3	67,71%	67,20%	67,5%	67,48%
2	2	59,55%	59,24%	59,2%	59,34%
	3	73,67%	73,32%	73,1%	73,38%
3	2	52,62%	52,12%	83,6%	62,77%
	3	66,45%	66,27%	67,3%	66,66%
4	2	55,15%	55,09%	86,7%	65,63%
	3	72,23%	72,67%	72,95%	72,62%
<b>Promedio</b>					<b>65,39%</b>



**Figura 20.** Remoción de turbidez

En la **Tabla 14** y **Figura 20** muestra que la remoción de turbidez tiene valores mínimos de 55,23% la cual se dio en el filtro 1 con un tiempo de retención hidráulica de 2 horas y máximo de 73,38% la cual se dio en el filtro número 2, con un tiempo de retención hidráulica de 3 horas siendo este último el de mayor eficiencia.

**Tabla 15.** Cuadro resumen de las concentraciones pre tratamiento y post tratamiento

Parámetro	Sin tratamiento Concentración inicial	Post tratamiento Concentración final
DBO <sub>5</sub>	341,85 mg/L	27,03 mg/L
Turbidez	38,77 NTU	15,47 NTU

Según la **Tabla 15**, se muestra que el tratamiento a través de los lechos filtrantes fueron buenos y efectivos resultados logrando reducir drásticamente las concentraciones iniciales de DBO<sub>5</sub> y turbidez, este efecto fue más efectivo en DBO<sub>5</sub> ya que mostro que la reducción fue mayor.

#### IV.5. Contrastación de Hipótesis

##### IV.5.1. Análisis inferencial de los resultados

##### IV.5.1.1. Pruebas de normalidad para datos de remoción de DBO<sub>5</sub> y turbidez

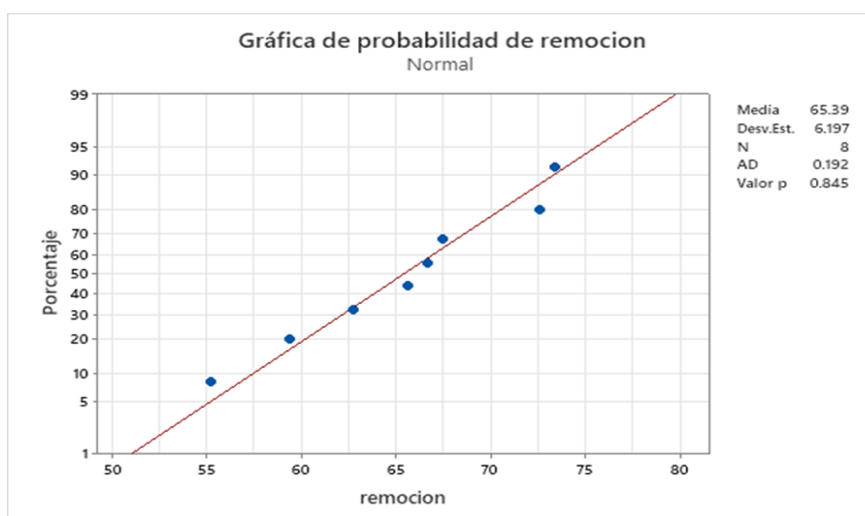


**Figura 21.** Gráfica de normalidad de DBO<sub>5</sub>

En la **Figura 21**, se muestra la gráfica de normalidad hallada con los datos para DBO<sub>5</sub>, estos datos representan la diferencia entre los porcentajes de reducción de DBO<sub>5</sub> y los datos que son antedichos de acuerdo al modelo experimental, se analiza el valor de  $p = 0,648$  siendo este un valor mayor a  $p = 0,05$ , lo cual indica que



la muestra se comporta de forma normal encontrando así que los datos tienen una distribución normal, de acuerdo a la interpretación de la prueba de Shapiro Wilks.



**Figura 22.** Grafica de normalidad de turbidez

En la **Figura 22**, se muestra la gráfica de normalidad en base a los datos para turbidez, estos datos representan la diferencia entre los porcentajes de reducción de turbidez y los datos que son predichos por el software de acuerdo al modelo experimental, se analiza el valor de  $p=0,845$  siendo este un valor mayor a  $p=0,05$  lo cual es indicativo que los datos se comportan de forma normal encontrando así que los datos tienen una distribución normal, de acuerdo a la interpretación de la prueba de Shapiro Wilks.

#### **IV.5.1.2. Concentración inicial de $DBO_5$ y turbidez**

Se realizó la prueba estadística de T de Student en el software Minitab v 18.0 Para ello se tomó el valor del Límite Máximo Permisible (LMP) referidos a  $DBO_5$  del D.S 003-2010, Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas o Municipales, donde se indica un LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas para la demanda bioquímica de oxígeno es de 100 mg/L, para el caso de la turbidez no existe una norma específica que establezca los LMP en aguas residuales.

**Ho:** La concentración de DBO<sub>5</sub> y turbidez no sobrepasan los límites máximos permisible.

**Ha:** La concentración de DBO<sub>5</sub> y turbidez si sobrepasan los límites máximos permisible.

**Tabla 16.**T de la muestra

	<b>Concentración</b>	<b>Valor T</b>	<b>Valor p</b>
DBO <sub>5</sub>	341,85 mg/L	5,98	0,027
turbidez	36,77 NTU	11.33	0,002

De la **Tabla16**, analizamos el valor de p valor para ambos casos de DBO<sub>5</sub>y turbidez se tiene que p=0,027 y p=0,002 estos valores al ser menor que la significancia de p=0,05, indica que se rechaza la hipótesis nula y acepta la alterna, por lo tanto, se afirma que la concentración de DBO<sub>5</sub>y turbidez si sobrepasan los Límites Máximos Permisible.

**Tabla 17.**Contrastación con el LMP

<b>Parámetro</b>	<b>Sin tratamiento</b>	<b>Contrastación con LMP</b>
	<b>Concentración inicial</b>	<b>100 mg/L</b>
DBO <sub>5</sub>	341,85 mg/L	excede
	<b>Post tratamiento</b>	<b>Contrastación con LMP100 mg/L</b>
	<b>Concentración final</b>	
	27,03 mg/L	No excede

Según la **Tabla 17**, se muestra que las concentraciones con el sin tratamiento de exceden los Límites Máximos Permisibles y con el post tratamiento estas concentraciones se reducen llegando a estar por debajo de estos límites.

**Tabla 18.** Información de los factores para DBO<sub>5</sub> y turbidez

<b>Factor</b>	<b>Niveles</b>	<b>Valores</b>
Proporción de (arena-grava)	2	½ ; 2/1
Granulometría de grava (# de malla)	2	25 ; 45
Tiempo de retención hidráulica	2	2 ; 3

**Tabla 19.** Tabla de ANOVA de DBO<sub>5</sub>

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Modelo	7	14,9741	2,13915	0,62	0,730
Lineal	3	7,5071	2,50236	0,73	0,550
Proporción	1	3,8081	3,80807	1,11	0,308
Granulometría	1	3,6504	3,65040	1,06	0,318
TRH	1	0,0486	0,04860	0,01	0,037
Interacciones de 2 términos	3	3,2669	1,08898	0,32	0,813
A*B	1	0,0067	0,00667	0,00	0,965
A*C	1	2,7203	2,72027	0,79	0,387
B*C	1	0,5400	0,54000	0,16	0,697
Interacciones de 3 términos	1	4,2001	4,20007	1,22	0,285
A*B*C	1	4,2001	4,20007	1,22	0,285
Error	16	54,9743	3,43589		
Total	23	69,9483			

**Tabla 20.** Tabla ANOVA para Turbidez

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>		<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
		<b>Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>		
Modelo	7	806,34	115,192	1,40	0,271
Lineal	3	707,07	235,691	2,87	0,069
Proporción	1	132,82	132,822	1,62	0,222
Granulometría	1	56,43	56,427	0,69	0,419
TRH	1	517,82	517,825	6,31	0,023
Interacciones de 2 términos	3	98,62	32,875	0,40	0,755
proporción*número de malla	1	0,53	0,528	0,01	0,937

proporción*TRH	1	8,93	8,930	0,11	0,746
numero de malla*TRH	1	89,17	89,166	1,09	0,313
interacciones de 3 términos	1	0,65	0,647	0,01	0,930
proporción*número de malla*TRH	1	0,65	0,647	0,01	0,930
Error	16	1313,88	82,117		
Total	23	2120,22			

---

### **Hipótesis General**

**H<sub>0</sub>**= El lecho filtrante de flujo ascendente reducirá a cantidades permisibles de DBO<sub>5</sub> y turbidez de las aguas residuales domésticas del Anexo de Llapay

**H<sub>a</sub>**= El lecho filtrante de flujo ascendente no reducirá a cantidades permisibles de DBO<sub>5</sub> y turbidez de las aguas residuales domésticas del Anexo de Llapay.

### **Interpretación:**

Analizando los bloques, cuyo valor  $p=0,730$  para DBO<sub>5</sub> y para turbidez un  $p=0,271$  para ambos son valores mayores al de significancia ( $p=0,05$ ) por ende, se acepta la hipótesis nula.

### **Hipótesis específica**

#### **Efecto de la proporción arena grava (A/G)**

**H<sub>0</sub>**= Las proporciones entre los medios adsorbentes granulares (arena-grava) permiten optimizar el proceso para la reducción de DBO<sub>5</sub>.

**H<sub>a</sub>**= Las proporciones entre los medios adsorbentes granulares (arena-grava) no permiten optimizar el proceso para la reducción de DBO<sub>5</sub>.

**H<sub>0</sub>**= Las proporciones entre los medios adsorbentes granulares (arena-grava) permiten optimizar el proceso para la reducción de turbidez.

**H<sub>a</sub>**= Las proporciones entre los medios adsorbentes granulares (arena-grava) no permiten optimizar el proceso para la reducción de turbidez.

### **Interpretación:**

Analizando los bloques, cuyo valor  $p=0,308$  para  $DBO_5$  y para turbidez un  $p=0,222$  para ambos son valores mayores al de significancia ( $p=0,05$ ) por ende, se acepta la hipótesis nula.

### **Efecto del tiempo de retención hidráulica (TRH)**

$H_0$ = El tiempo de retención hidráulica adecuada es de 2 hora, para el tratamiento de las aguas residuales en el parámetro de  $DBO_5$ .

$H_a$ = El tiempo de retención hidráulica adecuada es de 3 hora, para el tratamiento del agua residuales en el parámetro de  $DBO_5$ .

$H_0$ =El tiempo de retención hidráulica adecuada es de 2 hora, para el tratamiento del agua residuales en el parámetro de turbidez.

$H_a$ = El tiempo de retención hidráulica adecuada es de 3 hora para el tratamiento del agua residuales en el parámetro de turbidez.

### **Interpretación**

Analizando los bloques, cuyo valor  $p=0,037$  para  $DBO_5$  y para turbidez  $p=0,023$  en caso de  $DBO_5$  el valor encontrado es menor al de significancia ( $p=0,05$ ) por ende acepta la hipótesis alterna.

### **Efecto de la granulometría**

$H_0$ = La granulometría de grava tiene una influencia directamente proporcional en relación al tamaño del material y la cantidad de retención de los contaminantes orgánicos e inorgánicos

$H_a$ = La granulometría de grava tiene una influencia inversamente proporcional en relación al tamaño del material y la cantidad de retención de los contaminantes orgánicos e inorgánicos

### **Interpretación**

Analizando los bloques, cuyo valor  $p=0,318$  para  $DBO_5$  y para turbidez  $p=0,419$  para ambos casos los valores encontrados son mayores al de la significancia por ende se acepta la hipótesis nula.

## Remoción de DBO<sub>5</sub> y turbidez

**H<sub>0</sub>**=El porcentaje de reducción de la DBO<sub>5</sub> y turbidez se encuentra dentro de los valores admisibles establecidos por la LMP.

**H<sub>a</sub>**=El porcentaje de reducción de la DBO<sub>5</sub> y turbidez no se encuentra dentro de los valores admisibles establecidos por la LMP.

## Interpretación

Analizando los bloques, cuyo valor  $p=0,285$  para DBO<sub>5</sub> y para turbidez  $p=0,930$  para ambos casos los valores encontrados son mayores al de la significancia por ende se acepta la hipótesis nula.

## Pruebas de Comparación de Tukey

**Tabla 21.** Agrupación de la información utilizando el método de Tukey con una confianza de 95% para DBO<sub>5</sub>

Proporción	N	Media	Agrupación
2 (2/1)	4	92,682	A
0,5 (1/2)	4	91,465	B

Malla			
granulométric	N	Media	Agrupación
a			
45	4	92,143	A
25	4	92,005	A

Tiempo de retención hidráulica			
	N	Media	Agrupación
3	4	92,328	A
2	4	91,82	A

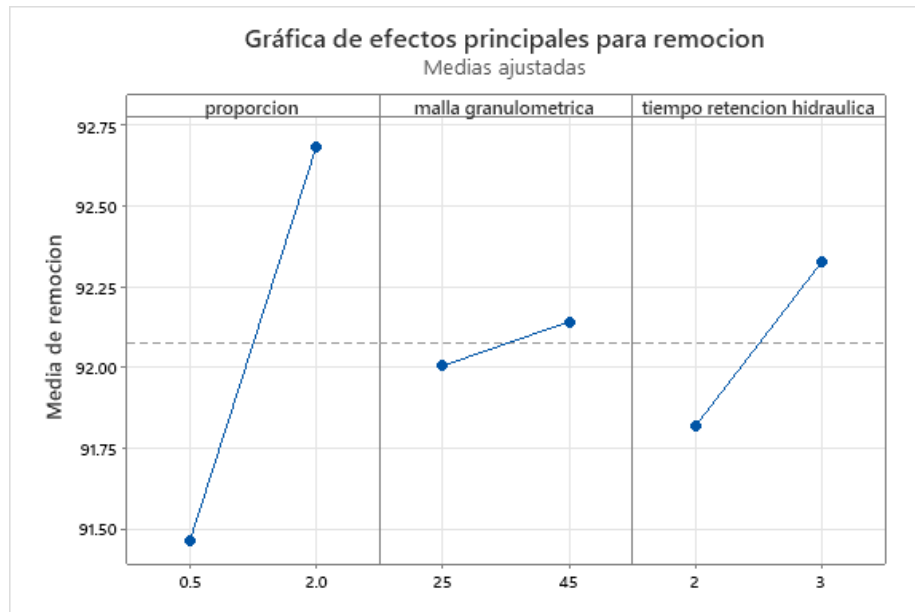
En la **Tabla 21**, se presentan los resultados de la publicación de la prueba de Tukey para los factores de proporción (A/G) de 2/1 tiene mayor remoción que la proporción de 1/2 mostrando significancia estadística, en el caso de la

malla granulometría #45 presenta mayor porcentaje de remoción que la de #25, y TRH el tiempo de 3 horas presenta mayor porcentaje de remoción.

**Tabla 22.** Agrupación de la información utilizando el método de Tukey con una confianza de 95% para Turbidez.

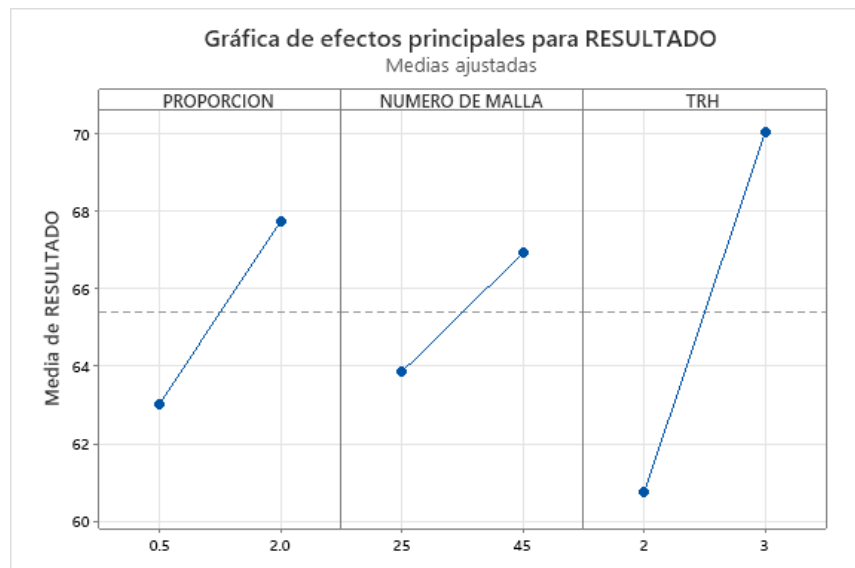
<b>Proporción</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
2 (2/1)	4	66,46	A
0,5 (1/2)	4	63,04	A
<b>Malla</b>			
<b>granulométric</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
<b>a</b>			
45	4	65,63	A
25	4	63,86	A
<b>Tiempo de</b>			
<b>retención</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
<b>hidráulica</b>			
3	4	68,75	A
2	4	60,74	B

En la **Tabla 22**, se presentan los resultados de la publicación de la prueba de Tukey para los factores de proporción (A/G) de 2/1 tiene mayor remoción que la proporción de 1/2, en el caso de la malla de granulometría #45 presenta mayor porcentaje de remoción que la de #25, y TRH el tiempo de 3 horas presenta mayor porcentaje de remoción que el de 2 horas, presentando significancia estadística.



**Figura 23.**Gráfica de efectos para DBO<sub>5</sub>

La **Figura 23** muestra que la proporción de (A/G) afecta la remoción de DBO<sub>5</sub> siendo la proporción 2/1 la que tiene mayores efectos, del mismo modo se observa los efectos de la granulometría siendo la malla # 45 las que afectan e intervienen en la remoción de DBO<sub>5</sub>, para el caso de tiempo de retención hidráulica el tiempo de retención de 3 horas presenta mayor efecto en la remoción.

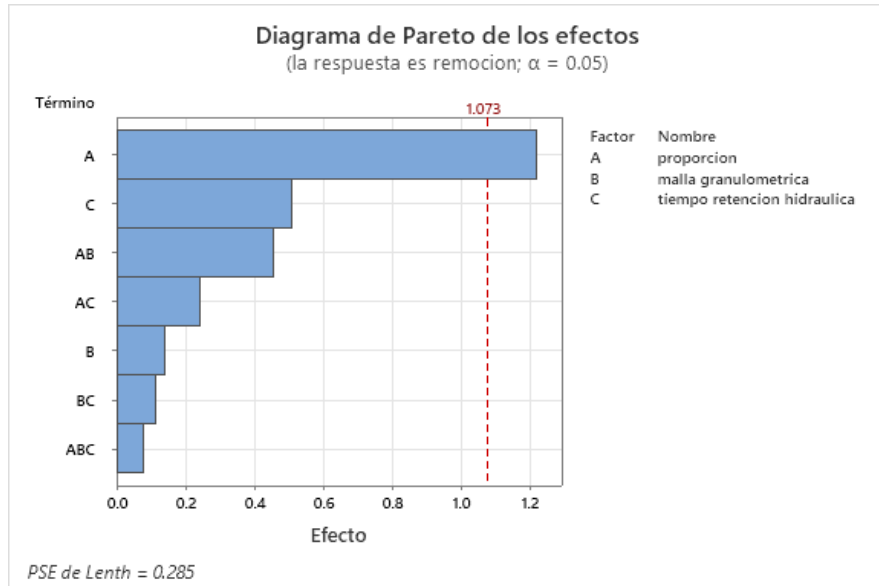


**Figura 24.**Gráfica de efectos para turbidez

La **Figura 24** muestra que la proporción de (A/G) afecta la remoción de turbidez siendo la proporción 2/1 la que tiene mayores efectos, del mismo modo se

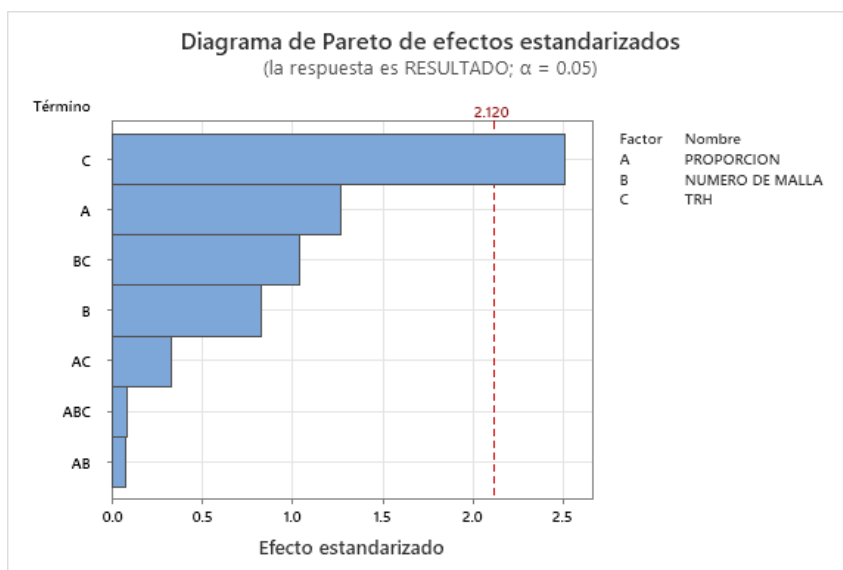


observa los efectos de la granulometría siendo la malla # 45 las que afectan e intervienen en la remoción de turbidez, para el caso de tiempo de retención hidráulica (TRH) se observa un efecto más definido siendo el tiempo de retención hidráulica de 3 horas el que muestra mayores efectos en la remoción de turbidez



**Figura 25.**Diagrama de Pareto para  $DBO_5$

De acuerdo con la **Figura 25**, se observa que las variables con mayor significancia es la proporción de arena-grava, luego el tiempo de retención hidráulica, finalmente la de menor efecto es la interacción de las tres variables (proporción, granulometría y tiempo de retención hidráulica).



**Figura 26.**Diagrama de Pareto para turbidez

De acuerdo con la **Figura 26**, se observa que las variables con mayor significancia es el tiempo de retención hidráulica (TRH), seguido de la proporción de arena-grava, seguido a estos factores se encuentra la interacción de número de malla con tiempo de retención hidráulica (TRH), las cuales evidencian su influencia en los resultados de remoción de turbidez.

## V. DISCUSIÓN

Los filtros cumplen un rol importante ya que según los resultados de esta investigación mostro que las concentraciones iniciales y parámetros como el  $\text{DBO}_5$  y turbidez, tuvieron un buen porcentaje de remoción teniendo ventajas en su uso tal como lo menciona Condor (2019) ya que mejora la calidad del agua sin uso de químicos, además de tener una operatividad sencilla, económica por el uso de materiales naturales y eficaz en su remoción de algunos parámetros. En la investigación se analizó el porcentaje de remoción de turbidez y  $\text{DBO}_5$  en base al uso de materiales como (arena-grava), mallas granulométricas y tiempo de retención hidráulica siendo estos materiales (arena y grava) fundamentales en la obtención de los resultados ya que los resultados coincide con lo mencionado por Vidal, Hedström y Herrmann (2018) quien menciona que la eficiencia en la remoción de los parámetros está relacionado a las propiedades físicas y químicas del material del filtro, por ejemplo, mineralogía, tamaño de grano. En el caso de las mallas actúan como un tamiz que atrapa el material en suspensión entre los granos del medio filtrante tal como lo menciona Bhutiani y Ahamad (2018) a partir de ello también cumplen un rol importante en la remoción.

El Sistema de filtro construidos fue 4 filtros de forma cilíndrica de 21,6 cm de altura x 9,5 cm de radio, teniendo un volumen de  $6128,46 \text{ cm}^3$  y un caudal de 51,07 mL/Min para una tasa de retención hidráulica de 2 horas, 34,04 mL/Min para una tasa de retención hidráulica de 3 horas estos filtros fueron evaluados con distintas proporciones (1/2 y 2/1 de arena-grava con la combinación de las mallas granulométricas) a partir se verifico la eficiencia en la remoción de  $\text{DBO}_5$  y turbidez, de este modo los resultados están ligados directamente con lo mencionado por Yong et al. (2021) quien en su estudio trabajó en base a tres profundidades diferentes de 30 cm, 60 cm y 90 cm de arena de este modo llego a conclusiones que la profundidad del lecho de arena afecta la tasa de filtración y la eliminación de contaminantes de manera diferente, tal es el caso que se obtuvo mejores resultado en los filtros que tenían mayores profundidades en conjunto con

la arena y grava, de igual modo Vergara (2021) menciona que el diseño de un sistema de biofiltro con el fin de realizar el tratamiento de aguas debe estar basado en el tipo de agua a tratar, el caudal y los parámetros a evaluar para el tratamiento de aguas, por su parte Gomez (2018) hace referencia de que los filtros presentan diversidad en cuanto a forma y tamaño, dependiendo los líquidos a filtrar la cantidad de solidos suspendidos y la utilidad de la muestra por otro lado Seminarreport y Mamtani (2015) menciona que la tecnología de filtración de los tratamientos más simple y de bajo costo está basada en el principio del proceso de crecimiento adjunto, los filtros multimedia representan una mejora significativa con respecto a los filtros de medios individuales.

La concentración inicial en las aguas residuales del anexo de Llapay, distrito de Laraos encontrada en este trabajo de investigación fue de 38,77 NTU para turbidez y de 341,85 mg/L de DBO<sub>5</sub> estos resultados en contraste con el D.S 003-2010-MINAM el cual aprueba límites máximos permisibles para los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas o municipales, la cual establece que los LMP (la concentración o grado de la sustancia o elemento y que al ser excedida puede causar daños, ambiente y bienestar) de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas para la demanda bioquímica de oxígeno es de 100 mg/L, al analizar el valor encontrado y el establecido por la normativa supera a lo establecido por la normativa, siendo el resultado obtenido tres veces mayor que lo establecido, para el caso de turbidez no se encontró LMP los cuales hace referencia a los valores, con respecto a la concentraciones finales se obtuvo valores de 15,47 NTU y 27,03 mg/L para DBO<sub>5</sub> donde se puede evidenciar la disminución significativa en cuanto al parámetro de DBO<sub>5</sub> la concentración final tuvo una gran diferencia en comparación de la concentración inicial y al realizar la comparación con los Límites Máximos Permisibles (LMP) cumplen con esta normativa la cual se precisa dentro del D.S 003-2010-MINAM, para el caso de la turbidez se analiza que también tuvo una reducción significativa de 38,77 NTU a 15,47 NTU pero no se encontró un valor de referencia en esta normativa para realizar un contraste.

Los resultados de este estudio mostraron que para  $DBO_5$  se encontró un valor de remoción máximo de 92,99% con un tiempo de retención de 3 horas con condiciones de 2/1 de (arena-grava) y con una malla número 25, con capacidad de profundidad del lecho de arena. Por su parte Yong et al. (2021) obtuvo 68% la diferencia radica en que este evaluó en base a la profundidad de lecho por su parte Seminarreport y Mamtani (2015) y Ramírez(2019) encontró valores de 69% valores que difieren en base al tiempo de retención utilizados en cada investigación ya que usaron 24 horas y 4 horas de retención hidráulica respectivamente, valores por debajo de los encontrados a los de esta investigación debido a que también influyeron los materiales absorbentes usados, como: almohadillas de celulosa, murciélagos de ladrillo y piedras de Aerocontrol de diferentes tamaños y microorganismos eficientes basada en la actividad sinérgica, mientras tanto en este trabajo fue de arena y grava, por otro lado Bhutiani y Ahamad (2018) encontró resultados similares teniendo similitud en el uso de los mismos absorbentes en los lechos filtrantes evaluados. Srinivas, Naveen y Nagaraju (2021), Singh y Mittal (2020), Vergara (2021) encontraron valores de remoción de 80,3%- 95% valores cercanos al encontrado en esta investigación de este modo se evidencia que la eficiencia en la remoción también depende de los materiales utilizados ya sea por las características físicas o la composición química que repercute de distinta manera influyendo directamente en los porcentajes de remoción.

Para turbidez se encontró una remoción de 73,38% resultados similares a los obtenidos por Yong et al.(2021), quien encontró remoción de 77,3% los dos evaluaron en base a tiempo de retención hidráulica similares 3 horas, por su parte Singh y Mittal (2020) logro una tasa de eliminación de turbidez de entre 59,6 % y 85,4 % los valores diferidos es debido a que en su investigación la tasa de carga tuvo un efecto significativo en la eliminación de contaminante ya que trabajo con tasas de 0,30  $m^3/metro^2/h$  (35,8 l/h) a 0,33  $m^3/metro^2/hr$ . por su parte Bhutiani y Ahamad (2018) encontró una remoción de 42,73 % después del tratamiento, ya que estudio en base a filtración intermitente de arena en la mezcla de arena y grava con una proporción de 1:1, La reducción de la turbidez puede deberse a la reducción

de la cantidad de sólidos en suspensión y sólidos disueltos en las aguas residuales, Cescon y Jiang (2020) en su investigación evaluó la reducción de la turbidez en la cual menciona que para lograr una turbidez residual inferior a 0,5 NTU–1 NTU estas diferencias radican con las condiciones operativas de cada filtro y el material del medio absorbente que se usa fue a base de propileno.

## VI. CONCLUSIONES

La concentración inicial de  $\text{DBO}_5$  y turbidez de las aguas residuales del anexo de Llapay fue de 341,85 mg/L y 38,77 NTU, al finalizar los tratamientos experimentales a base de proporción arena –grava, granulometría de grava (número de malla) y la retención hidráulica, estas concentraciones redujeron a 27,03 mg/L y 15,47 NTU respectivamente.

Las proporciones de los medios absorbentes a base de arena-grava (A/G) de 2/1 mostraron mejores resultados en la reducción de concentración de  $\text{DBO}_5$  ( $C_{\text{final } \text{DBO}_5} = 24,99$  mg/L) y turbidez ( $C_{\text{final } \text{Turbidez}} = 14,87$  NTU) en las aguas residuales del anexo de Llapay, optimizando el proceso para la reducción de estos parámetros.

El tiempo de retención hidráulica (TRH) que mostro mejor efectividad en la reducción de los parámetros de  $\text{DBO}_5$  y turbidez fue el de 3 horas reduciendo el  $\text{DBO}_5$  ( $C_{\text{final } \text{DBO}_5} = 26,16$  mg/L) y la turbidez ( $C_{\text{final } \text{Turbidez}} = 14,00$  NTU) en las aguas residuales del anexo de Llapay.

La granulometría tuvo efecto a través del número de malla mostrando mejores resultados de reducción la malla #45 la cual logro reducir el  $\text{DBO}_5$  ( $C_{\text{final } \text{DBO}_5} = 26,73$  mg/L) y la turbidez ( $C_{\text{final } \text{Turbidez}} = 15,22$  NTU) en las aguas residuales del anexo de Llapay

El porcentaje de remoción de  $\text{DBO}_5$  en las aguas residuales del anexo de Llapay después del tratamiento en promedio fue de 92,07%, del mismo modo logro resultados mínimos de 90,70% la cual se dio en el filtro 1 con un TRH de 2 horas y máximos de 92,99%, esta última se dio en el filtro 2 con un tiempo de retención hidráulica de 3 horas.

El porcentaje de remoción de turbidez en las aguas residuales del anexo de Llapay después del tratamiento en promedio fue de 65,39%, del mismo modo logro resultados mínimos de 55,23% la cual se dio en el filtro 1 con un TRH de 2 horas y máximos de 73,38%, esta última se dio en el filtro 2 con un tiempo de retención hidráulica de 3 horas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Es fundamental seguir investigando acerca de los lechos filtrantes y el comportamiento de los diferentes medios absorbentes o filtrantes a fin de que, a futuro, se puedan fijar criterios y parámetros de diseño, construcción y operación que puedan ayudar en el tratamiento de las aguas residuales y más de anexos y localidades rurales.
- Analizar otros parámetros de las aguas residuales como DQO, TSS y materia orgánica, Coliformes, para evaluar la eficiencia del lecho filtrante con la reducción de estos parámetros.
- Realizar el tratamiento de los lechos filtrantes con otras condiciones operativas de tiempo de retención hidráulica, tamaños de arena, caudales y tamaños de filtros a fin de evaluar el comportamiento y eficiencia en la remoción de algunos parámetros.



## REFERENCIAS

- AQUINO, P., OSORIO, A.M., NINÁN, E. y TORRES, F., 2018. Caracterización de nanopartículas de ZnO sintetizadas por el método de precipitación y su evaluación en la incorporación en pinturas esmalte. *Rev Soc Quím Perú* [en línea], vol. 84, no. 1. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v84n1/a02v84n1.pdf>.
- ASTONISTAS, Y., 2018. *Propuesta de un sistema de tratamiento de agua Residual en la empresa Pevastar S.A.C. para disminuir el impacto ambiental* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://tesis.usat.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12423/1352>.
- ATOCHE, E. y HILAQUITA, B., 2020. *Diseño de box-behnken en la eficiencia del sistema venturi de nanomicroburbujeo de oxígeno para la remoción de materia orgánica y microbiológicas en aguas residuales domesticas* [en línea]. S.l.: Universidad Peruana Union. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/4683>.
- BHUTIANI, R. y AHAMAD, F., 2018. Efficiency assessment of Sand Intermittent Filtration Technology for waste water Treatment Efficiency assessment of Sand Intermittent Filtration Technology for waste water Treatment. , no. January.
- BLUM, K.M., GALLAMPOIS, C., ANDERSSON, P.L., RENMAN, G., RENMAN, A. y HAGLUND, P., 2019. Comprehensive assessment of organic contaminant removal from on-site sewage treatment facility effluent by char-fortified filter beds. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 361, no. August 2018, pp. 111-122. ISSN 18733336. DOI 10.1016/j.jhazmat.2018.08.009.
- CESCON, A. y JIANG, J.Q., 2020. Filtration process and alternative filter media material in water treatment. *Water (Switzerland)*, vol. 12, no. 12, pp. 1-20. ISSN 20734441. DOI 10.3390/w12123377.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA «CONAGUA», 2015. *Manual de Agua Potable , Alcantarillado y Saneamiento «Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente»*. S.l.: s.n. ISBN 9786076260081.

- CONDOR, V., 2019. *Evaluación de las propiedades físico-químicas de residuos oleaginosos y su comportamiento hidráulico como lecho filtrante para el tratamiento de aguas residuales domésticas*. S.l.: s.n.
- DE LA MORA, C., SAUCEDO, R.A., GONZÁLEZ, I.J., GÓMEZ, S. y FLORES, H.E., 2020. Water temperature effect on the reaction rate constant of pollutants in a constructed wetland for the treatment of swine wastewater. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias*, vol. 11, no. 4, pp. 1-17. ISSN 20071124. DOI 10.22319/RMCP.V11S2.4681.
- DE SOUZA, F., GUEDES, T.L., BURGARDT, T. y SENS, M.L., 2017. Upflow slow sand filtration: the interference of the support layer on filtration and filter cleaning. , no. May. DOI 10.13140/RG.2.2.33256.88326.
- DE SOUZA, F., PIZZOLATTI, B., SCHÖNTAG, J. y SENS, M., 2016. Study of slow sand filtration with backwash and the influence of the filter media on the filter recovery and cleaning. *Environmental Technology (United Kingdom)*, vol. 37, no. 14, pp. 1802-1810. ISSN 1479487X. DOI 10.1080/09593330.2015.1132778.
- DUSHKIN, S., MARTYNOV, S. y DUSHKIN, S., 2020. The increasing efficiency of upflow clarifiers at the drinking water preparation. *Acta Periodica Technologica*, vol. 206, no. 51, pp. 17-27. ISSN 2406095X. DOI 10.2298/APT2051017D.
- ENRIQUEZ, F., 2018. Reúso de aguas residuales tratadas biológicamente, para el regadío del Jardín Botánico, Trujillo. *Sciendo, ciencia para el desarrollo*, vol. 21, no. 1, pp. 7-14.
- GALLARDO, E., 2017. *Metodología de la Investigación. Manual Autoformativo Interactivo I* [en línea]. 2017. Huancayo: s.n. ISBN 978-612-4196. Disponible en:  
[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO\\_UC\\_EG\\_MAI\\_UC0584\\_2018.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf).
- GOMEZ, G., 2018. *Diseño de un filtro para reducir la turbidez de aguas residuales utilizando material litológico como medio filtrante* [en línea]. S.l.: Universidad de Guayaquil. Disponible en: <http://ieeauthorcenter.ieee.org/wp->

content/uploads/IEEE-Reference-

Guide.pdf%0Ahttp://wwwlib.murdoch.edu.au/find/citation/ieee.html%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.022%0Ahttps://github.com/ethereum/wiki/wiki/Wite-Paper%0Ahttps://tore.tuhh.de/hand.

HERNANDEZ, R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación*. S.l.: s.n. ISBN 9781456223960.

HWANG, Y., SEO, Y., KIM, H., ROH, K. y KIM, D., 2021. Evaluation of solids removal and optimisation of backwashing for an upflow stormwater filtration system utilising novel floating fibrous media. *Environmental Technology (United Kingdom)*, vol. 42, no. 14, pp. 2132-2144. ISSN 1479487X. DOI 10.1080/09593330.2019.1694080.

INEI, 2017. Directorio Nacional de Centros Poblados: Censo Nacional 2017. *Instituto Nacional de Estadística e Investigación*. S.l.:

KHOLOMA, E., RENMAN, G. y RENMAN, A., 2016. Phosphorus removal from wastewater by field-scale fortified filter beds during a one-year study. *Environmental Technology (United Kingdom)*, vol. 37, no. 23, pp. 2953-2963. ISSN 1479487X. DOI 10.1080/09593330.2016.1170888.

KOIV, M., MAHADEO, K., BRIENT, S., CLAVEAU-MALLET, D. y COMEAU, Y., 2016. Treatment of fish farm sludge supernatant by aerated filter beds and steel slag filters-effect of organic loading rate. *Ecological Engineering [en línea]*, vol. 94, pp. 190-199. ISSN 09258574. DOI 10.1016/j.ecoleng.2016.05.060. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.05.060>.

LAHIN, F., SARBATLY, R. y CHEL-KEN, C., 2021. Point-of-use upflow sand filter for rural water treatment using natural local sand: Understanding and predicting pressure drop. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1192, no. 1, pp. 012008. ISSN 1757-8981. DOI 10.1088/1757-899x/1192/1/012008.

MARTÍNEZ, M.R., MENDOZA, J.Y., MEDRANO, B.E., GÓMEZ, L.M. y ZAFRA, C.A., 2019. Evaluación de la turbiedad como parámetro indicador del tratamiento en una planta potabilizadora municipal. *Revista UIS Ingenierías*,

- vol. 19, no. 1, pp. 15-24. ISSN 16574583. DOI 10.18273/revuin.v19n1-2020001.
- MAYACELA, M., MALDONADO, L., MORALES, F. y PEÑAFIEL, R., 2021. Design of a column test bench for the evaluation of alternative absorbent materials in wastewater treatment. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 958, no. 1, pp. 012007. ISSN 1755-1307. DOI 10.1088/1755-1315/958/1/012007.
- MEJIA, J.C., 2018. El nuevo régimen de vertimiento de aguas residuales tratadas en el Perú. .
- MOSQUEIRA, A., 2015. *Evaluación crítica del manejo de sustancias tóxicas inorgánicas – orgánicas y el grado de contaminación de las aguas residuales de la U.N.C.* S.l.: s.n.
- PORTAL DE YAUYOS, 2016. Portal Yauyos. [en línea]. Disponible en: <http://portalyauyos.blogspot.com/2016/01/>.
- RAMÍREZ, C.A., 2019. *Diseño de un sistema de lecho filtrante con microorganismos eficientes para la reducción de materia orgánica en aguas residuales del sector Chontamuyo – Distrito de la Banda de Shilcayo.* S.l.: s.n.
- REYES, W., 2020. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Ingeniería Geológica , Minera , Metalúrgica y Geográfica Unidad de Posgrado Optimización del tratamiento de aguas residuales domésticas mediante la implementación del sistema MBBR en la provincia Cayllo.* S.l.: Universidad Nacional de Centro del Perú.
- RÍOS, S., AGUDELO, R.M. y GUTIÉRREZ, L.A., 2017. Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública.*
- SÁNCHEZ, B. y FERNANDEZ, E., 2016. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial y evaluación de lecho filtrante, utilizando mesocarpo de coco (Cocos nucifera), para el tratamiento de aguas. ,
- SECTORIALES, C., 2021. *Los filtros de lecho en la aplicación de agua potable -*

- Agua*. 2021. S.l.: s.n.
- SEMINARREPORT, A. y MAMTANI, K., 2015. Domestic Wastewater Treatment Using Algae. , vol. 3, no. 01, pp. 1119-1121.
- SINGH, A.N. y MITTAL, A., 2020. Experimental Investigations of Performance of Lateral Flow Sand-Bed Filters for Wastewater Treatment. , no. March. DOI 10.13140/RG.2.2.19329.81760.
- SRINIVAS, K., NAVEEN, S. y NAGARAJU, K., 2021. Constructed wetland (typha) and rapid sand filter for direct treatment of sewage. *AIP Conference Proceedings*, vol. 2358, pp. 1-9. ISSN 15517616. DOI 10.1063/5.0058099.
- TAMAYO, M., 2004. *El proceso de la investigación científica* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 968-5748-66-7. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=BhymmEqkkJwC&oi=fnd&pg=PA13&dq=niveles+y+tipos+de+investigación+científica&ots=TrdH9o25oH&sig=LuUy8OrcuTqx2cp7NTQENjLPSmM#v=onepage&q=niveles+y+tipos+de+investigación+científica&f=false%0Ahttps://books.google.c>
- VASQUEZ, M., 2019. *Evaluación y predicción de la expansión del medio granular durante el retrolavado en filtro rápido*. S.l.: s.n.
- VERGARA, R., 2021. *diseño de biofiltros para mejorar el manejo de aguas residuales domesticas*. S.l.: Universidad Privada del Norte.
- VIDAL, B., HEDSTRÖM, A. y HERRMANN, I., 2018. Journal of Water Process Engineering Phosphorus reduction in filters for on-site wastewater treatment. *Journal of Water Process Engineering*, vol. 22, no. December 2017, pp. 210-217. ISSN 2214-7144. DOI 10.1016/j.jwpe.2018.02.005.
- VIZCAÍNO, L. y FUENTES, N., 2016. Effects of *Eisenia foetida* and *Eichhornia crassipes* in the removal of organic matter, nutriente and coliforms in domestic wastewater. *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, vol. 19, no. 1, pp. 189-198.
- XIAO, G.H., YANG, G.H., YANG, Q. y TIAN, S.R., 2018. Effect of filter layer thickness on the filtration characteristics of dual layer granular beds. *Powder*

*Technology*, vol. 335, pp. 344-353. ISSN 1873328X. DOI 10.1016/j.powtec.2018.05.019.

YONG, S., AZMI, A., NUR SYAMIMI, Z. y BAHRODIN, M., 2021. Performance of Sand Filtration System with Different Sand Bed Depth for Polishing Wastewater Treatment. *Journal of Environmental Treatment Techniques*, vol. 9, no. 2, pp. 451-456. DOI 10.47277/jett/9(2)456.

## ANEXOS

|







### Anexo Nº 1. Matriz de operacionalizacion de Variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>  Agua residual domestica	Es un líquido turbio, presentan un color gris o amarillento con un olor característico séptico y tienen partículas suspendidas de: residuos vegetales, tiras de papel, sedimentos y heces (Vergara, 2021).	Las aguas residuales doméstico surgen con los materiales sintéticos lo hacen inseguro para algunos propósitos.	Proporciones entre los medios adsorbentes granulares (arena y grava)	Cantidad 1: 3 Kg de arena Cantidad 2: 3 Kg de grava	Intervalo
			Tiempo de retención hidráulica	Tiempo 1: 2 horas Tiempo 2: 3 horas	Razón
			Granulometría	Malla #25 Malla #45	Intervalo
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>  Remoción de DBO <sub>5</sub> Turbidez	La DBO <sub>5</sub> es un ensayo usado para estimar los requerimientos relativos de oxígeno en desagües, efluentes y aguas superficiales contaminadas como consecuencia de la degradación biológica de la materia orgánica, (Ruiz et al., 2016) Es la medida del grado de transparencia del agua cuando presentar partículas en suspensión ya sea material orgánico como Fito plancton, desechos de hogares u industrias como son los camales, criaderos, etc, (Díaz, 2018),	Se reducirá el DBO <sub>5</sub> , a través del lecho filtrante de flujo ascendente, para que se encuentre dentro de los valores admisibles establecidos por LMP, La turbidez de un fluido es causado por sólidos suspendidos que generalmente son invisibles a simple vista,	Reducción de la cantidad de DBO <sub>5</sub>	Concentración DBO <sub>5</sub> Inicial	Razón
				Concentración DBO <sub>5</sub> Final	
			Reducción de la Concentración de turbidez	Concentración Turbidez Inicial	Razón
				Concentración Turbidez Final	



**1. DATOS GENERALES      2. FICHA DE TOMA DE MUESTREO**

<b>PUNTO DE MUESTREO</b>	
Departamento	
Provincia	
Distrito	
Hora	
Coordenada (UTM)	
Observaciones	
<b>METODOLOGÍA DE MUESTREO</b>	
Tipo de muestra	
Procedencia de muestra	
Método de muestra	
Envase de muestreo	
Cantidad de muestra	
<b>IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA</b>	
Código de muestra	
Tipo de análisis	
Nombre de responsable	

~~Montamento~~  
  
~~Juan Julio Ordoñez Galvez~~  
DNI: 08447308 

### 3. FICHA DE EVALUACIÓN DEL TRATAMIENTO

			RELACIÓN ARENA /GRAVA		TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRAÚLICA		GRANULOMETRÍA	
REPLICA	PARÁMETRO	UNIDAD	1/2	2/1	2 horas	3 horas	#25	#45
1	Turbidez	NTU						
	DBO <sub>5</sub>	mg/L						
2	Turbidez	NTU						
	DBO <sub>5</sub>	mg/L						
3	Turbidez	NTU						
	DBO <sub>5</sub>	mg/L						
4	Turbidez	NTU						
	DBO <sub>5</sub>	mg/L						
----	Turbidez	NTU						
	DBO <sub>5</sub>	mg/L						
24	Turbidez	NTU						

  
 DNI N° ..... Telf: .....  
 DNE: 08447308

## Anexo N° 6. Validación de instrumentos



**SOLICITUD: Validación de  
Instrumento de recojo de  
Información**

Sr. Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez

Yo León Vivaz, Ada Liz identificado con DNI N°72404894 alumna de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: "**Reducción de DBO<sub>5</sub> y turbidez mediante un lecho filtrante de flujo ascendente de las aguas residuales domésticas del anexo de Llapay**", solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 9 de Febrero del  
2022



León Vivaz, Ada Liz

DNI N°72404894

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombre: ORDOÑEZ GÁLVES JUAN JULIO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Hidrólogo Ambiental  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:  
 1.5. Autor (A) de Instrumento: León Vivas, Ada Lit.

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MEDIAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los Requisitos para su aplicación

### IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

SI
NO

90%

Lima, 9 de Febrero del 2022

Atentamente,

  
 Juan Julio Ordoñez Galves  
 DNI N° .....  
 DNI: 08447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

- 1.1. Apellidos y Nombres: ORDOÑEZ GÁLVES JUAN JULIO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Hidrólogo Ambiental  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:  
 1.5. Autor (A) de Instrumento: León Vivas, Ada Liz

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los Requisitos para su aplicación

SI

Atentamente,

  
90%  
 Lima, 9 de Febrero del 2022  
 Juan Julio Ordoñez Galvez



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombre: ORDOÑEZ GÁLVES JUAN JULIO  
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UCV  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Hidrólogo Ambiental  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:  
 1.5. Autor (A) de Instrumento: León Vivas, Ada Liz

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MISMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		


### III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los Requisitos para su aplicación

### IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

SI

Atentamente,

  
20  
 León Vivas, Ada Liz  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447305

Sr: Dr. Euterio Horacio Acosta Suasnabar

Yo León Vivaz, Ada Liz identificada con DNI N°72404894 alumna de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: **"Reducción de DBO<sub>5</sub> y turbidez mediante un lecho filtrante de flujo ascendente de las aguas residuales domésticas del anexo de Llapay"**, solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de operacionalización de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 9 de Febrero del 2022



León Vivas, Ada Liz

DNI N°72404894

## VALIDACION DE INSTRUMENTO 1

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y ~~Dr. Juan~~ Julio Ordoñez  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: .....  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: .....  
 1.5. Autor (A) de León Vivas, Ada Liz

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado en lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los Requisitos para su aplicación

### IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

SI

90%

Lima, 9 de Febrero del 2022



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Juan Julio Ordoñez Gálvez  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo.  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: .....  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: .....  
 1.5. Autor (A) de León Vivas, Ada Liz

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MODERAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE		
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUCESIÓN	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

El instrumento no cumple con los Requisitos para su aplicación

90%

### IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

Lima, 9 de Febrero del 2022

  
 DR. ORDOÑEZ

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Juan Julio Ordoñez  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: .....  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Instrumento 3.....  
 1.5. Autor (A) de Instrumento: León Vivas, Ada Liz

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						BORDERLINE O DEBILITANTE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado en lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUSTENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los Requisitos para su aplicación

X

### IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

90%
-----

Lima, 9 de ~~Febrero~~ del 2022

  
 Dr. Juan Julio Ordoñez



Universidad César Vallejo

**SOLICITUD: Validación de  
Instrumento de recojo de  
Información**

Sr. Ing. María Paulina Aliaga Martínez

Yo León Vivaz, Ada Liz identificado con DNI N°72404894 alumna de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable el recojo de datos necesarios para la tesis que vengo elaborando titulada: **"Reducción de DBO<sub>5</sub> y turbidez mediante un lecho filtrante de flujo ascendente de las aguas residuales domésticas del anexo de Uapay"**, solicito a Ud. Se sirva validar el instrumento que le adjunto bajo los criterios académicos correspondientes. Para este efecto adjunto los siguientes documentos:

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de ~~operacionalización~~ de variables

Por tanto:

A usted, ruego acceder mi petición.

Lima, 9 de ~~Febrero~~ del 2022

---

León Vivaz, Ada Liz

DNI N°72404894

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Aljaqa Martínez María Paulina
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Consultora Ambiental / UNI
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniera Químico / Ambiental / Tratamiento y gestión de residuos
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
- 1.5. Autor (A) de Instrumento: Ada Liz León Vivas

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						BASTANTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		80	85	90	95	90	95	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. COHERENCIA	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuada a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUECENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los Requisitos para su aplicación

### IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

X

90%

Lima, 9 de Febrero del

  
 .....

FIRMA DEL EXPERTO

INFORMANTE

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Alaja Martínez María Paulina*
- 1.2. Cargo e institución donde labora: *Consultora Ambiental / UNI*
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: *Ingeniera Químico / Ambiental / Tratamiento y gestión de residuos*
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
- 1.5. Autor (A) de Instrumento: *Ada Liz León Vivas*

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						BIBENEFICENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		90	85	80	75	60	55	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUSTENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. FUNCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicadas para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

- El instrumento cumple con los

Requisitos para su aplicación

- El instrumento no cumple con los

Requisitos para su aplicación

### IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

X

90%

Lima, 9 de ~~Febrero~~ del 2022

*Paulina*

FIRMA DEL EXPERTO  
INFORMANTE



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 3

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: *Aliaqa Martínez María Paulina*
- 1.2. Cargo e institución donde labora: *Consultora Ambiental / UNI*
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: *Ingeniera Químico / Ambiental / Tratamiento y gestión de residuos*
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:
- 1.5. Autor (A) de Instrumento: *Ada Liz León Vivas*

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						BORDERAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTERACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

- El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los Requisitos para su aplicación

X

### IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

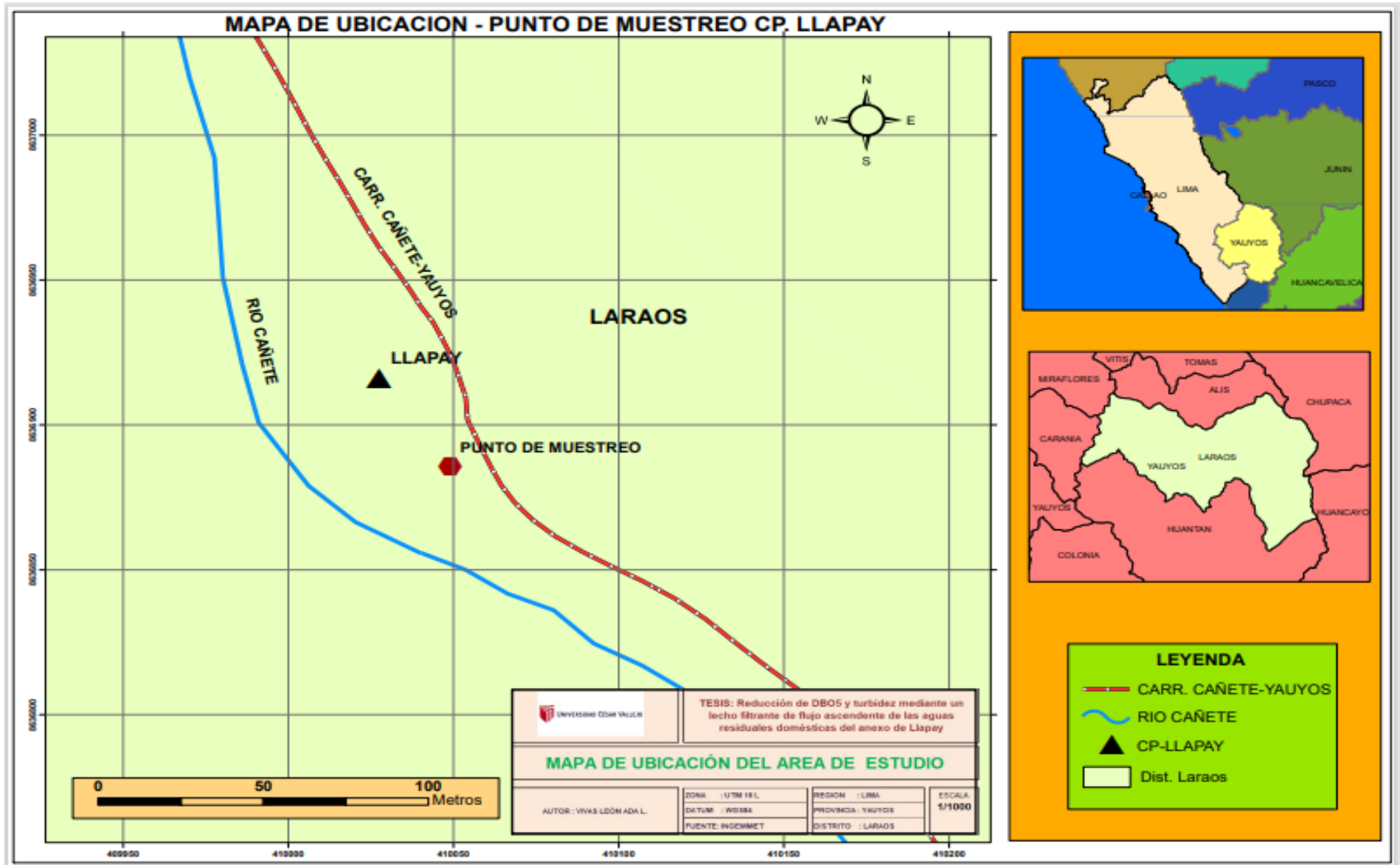
90%

Lima, 9 de ~~Febrero~~ del 2022

  
 \_\_\_\_\_  
 Firma del experto

CIP: 59443

## Anexo N° 7. Mapa de ubicación



## Anexo N° 8. Registro fotográfico



Monitoreo de las aguas residuales del anexo de Llapay



Medición de parámetros de campo en el monitoreo de las aguas residuales del anexo de Llapay



Punto de muestreo para la toma de muestras de las aguas residuales del anexo de Llapay



Construcción del lecho filtrante para la evaluación de turbidez y  $\text{db}_5$  de las aguas residuales.





Uso de arena para el acondicionamiento de los filtros.



Uso de grava para el acondicionamiento de los filtros.



Uso de la malla granulométrica para el acondicionamiento de los filtros.



Diseño final del acondicionamiento del lecho filtrante



Muestras para el análisis de laboratorio de turbidez y  $\text{dbO}_5$  de las aguas residuales



## Anexo N° 9. Reportes de laboratorio



### INFORME DE ENSAYO N° 1-0042/22

Pág. 1/1

**Solicitante** : Ada León Vivas  
**Domicilio legal** : Psj. San José María Eguren N°199 - El Tambo  
**Proyecto** : Reducción de DBO<sub>5</sub> y turbidez mediante un lecho filtrante de flujo ascendente de ñas aguas residuales domésticas del anexo de Llapay  
**Muestra(s) Declarada(s)** : Agua residual doméstica  
**Procedencia de la Muestra** : -----  
**Lugar de Muestreo** : -----  
**Cantidad de muestras para el Ensayo** : 09 muestras x 250 mL  
**Forma de Presentación** : 09 Frascos de Plástico  
**Fecha de Recepción** : 15/03/22  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 16/03/22  
**Fecha de Término del Ensayo** : 21/03/22  
**Fecha de Emisión de Informe** : 22/03/22  
**N° de Cotización de Servicio** : -----

Código del cliente	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Turbidez (NTU)
A01	267.3	33.2

Código del cliente	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Turbidez (NTU)
A11R1	24.33	14.88
A12R1	22.73	10.72
A21R1	19.40	13.43
A22R1	18.73	8.74
A31R1	23.93	15.73
A32R1	22.40	11.14
A41R1	20.87	14.89
A42R1	19.13	9.22



- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia

**Método de Análisis:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno: SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5- Day BOD Test.  
 Turbidez: SMEIWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130, 23rd Ed 2017. Turbidity. Nephelometric Method

**GRUPO JHACC S.A.C.**  
 Ing. **Henry R. Ochoa León**  
 CP N° 124232  
 JEFE DE LABORATORIO

Huancayo, 22 de Marzo de 2022

"El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe"  
 "Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita del LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES GRUPO JHACC"  
 "Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce."

LAA-GJ

Rev: 01

Jr. Santa Rosa N° 1361 - El Tambo, Huancayo - Perú Celular: 971 718825 - 954 416149 - 956 988682  
 Correo: proyectos@grupojhacc.com / administracion@grupojhacc.com  
 www.grupojhacc.com



## INFORME DE ENSAYO N° 1-0046/22

Pág. 1/1

**Solicitante** : Ada León Vivás  
**Domicilio legal** : Psj. San José María Eguren N°199 - El Tambo  
**Proyecto** : Reducción de DBO<sub>5</sub> y turbidez mediante un lecho filtrante de flujo ascendente de ñas aguas residuales domésticas del anexo de Llapay  
**Muestra(s) Declarada(s)** : Agua residual doméstica  
**Procedencia de la Muestra** : .....  
**Lugar de Muestreo** : .....  
**Cantidad de muestras para el Ensayo** : 09 muestras x 250 mL  
**Forma de Presentación** : 09 Frascos de Plástico  
**Fecha de Recepción** : 22/03/22  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 23/03/22  
**Fecha de Término del Ensayo** : 28/03/22  
**Fecha de Emisión de Informe** : 29/03/22  
**N° de Cotización de Servicio** : .....

Código del cliente	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Turbidez (NTU)
A02	406.5	39.7

Código del cliente	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Turbidez (NTU)
A11R2	38.56	17.73
A12R2	33.79	13.02
A21R2	29.89	16.18
A22R2	27.46	10.59
A31R2	32.78	19.01
A32R2	30.41	13.39
A41R2	29.02	17.83
A42R2	29.27	10.85

- Lugar y condiciones ambientales del muestreo; Indicado por el cliente
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia

**Método de Análisis:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed 2017 Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5-Day BOD Test.

Turbidez: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130, 23rd Ed 2017, Turbidity, Nephelometric Method

Huancayo, 29 de Marzo de 2022



**GRUPO JHACC S.A.C**  
**Ing. Henry R. Ochoa León**  
 CIP N° 134232  
 JEFE DE LABORATORIO

\*El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe

\*Prohíbe la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita del LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES GRUPO JHACC

\*Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

LAA-GJ

Rev. 01



## INFORME DE ENSAYO N° 1-0051/22

Pág. 1/1

**Solicitante** : Ada León Vivas  
**Domicilio legal** : Psj. San José María Eguren N° 199 - El Tambo  
**Proyecto** : Reducción de DBO<sub>5</sub> y turbidez mediante un lecho filtrante de flujo ascendente de flías aguas residuales domésticas del anexo de Llapay  
**Muestra(s) Declarada(s)** : Agua residual doméstica  
**Procedencia de la Muestra** : -----  
**Lugar de Muestreo** : -----  
**Cantidad de muestras para el Ensayo** : 09 muestras x 250 mL  
**Forma de Presentación** : 09 Frascos de Plástico  
**Fecha de Recepción** : 29/03/22  
**Fecha de Inicio del Ensayo** : 30/03/22  
**Fecha de Término del Ensayo** : 04/04/22  
**Fecha de Emisión de Informe** : 05/04/22  
**N° de Cotización de Servicio** : -----

Código del cliente	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Turbidez (NTU)
A03	351.7	43.4

Código del cliente	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Turbidez (NTU)
A11R3	32.76	19.46
A12R3	29.03	20.98
A21R3	25.77	23.74
A22R3	25.57	19.12
A31R3	30.03	15.65
A32R3	28.23	21.07
A41R3	27.56	14.63
A42R3	27.18	19.18



- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado por el cliente
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia

**Método de Análisis:**

Demanda Bioquímica de Oxígeno: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed.2017. Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5- Day BOD Test.  
 Turbidez: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2130, 23rd Ed.2017. Turbidity, Nephelometric Method

**GRUPO JHACC S.A.C.**  
  
**Ing. Henry R. Ochoa León**  
 CP N° 12422  
 JEFE DE LABORATORIO

Huancayo, 05 de Abril de 2022

\*El informe de ensayo sólo es válido para las muestras referidas en el presente informe.  
 \*Prohíbe la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita del LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES GRUPO JHACC.  
 \*Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

LAA-GJ

Rev: 01

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







**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, ORDOÑEZ GALVEZ JUAN JULIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Reducción de DBO5 y Turbidez mediante lecho filtrante de flujo ascendente de las aguas residuales domésticas del anexo de Llapay - Yauyos, 2022", cuyo autor es LEON VIVAS ADA LIZ, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 04 de Junio del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
ORDOÑEZ GALVEZ JUAN JULIO <b>DNI:</b> 08447308 <b>ORCID</b> 0000-0002-3419-7361	Firmado digitalmente por: JORDONEZ02 el 04-06- 2022 20:23:05

Código documento Trilce: TRI - 0305504