



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

“Influencia del PET reciclado en filtro percolador en el tratamiento secundario de aguas residuales domésticas - San Román, Puno – 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Rafael Ramos, George Stalin

<https://orcid.org/0000-0002-5101-3069>

ASESOR:

Mg. Huaroto Casquillas, Enrique Eduardo

<https://orcid.org/0000-0002-8757-6621>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseños de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA:

El presente trabajo va dedicado primeramente a Dios y a mis padres Don Jorge Rafael y Doña María Elena Ramos por su amor y cariño por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluye este. A mi hermana Marilyn por brindarme su apoyo y motivación para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO:

De manera especial a mi familia: A mi padre Jorge Rafael Condori, a mi madre María Elena Ramos Rafael por su sacrificio, esfuerzo y creer en mi capacidad a pesar de todas las adversidades siempre han estado brindándome su cariño, comprensión y todo su amor. De igual manera a mi hermana Marilyn y mis abuelitos Serapio Ramos y Aurelia Rafael por su apoyo incondicional en todo este tiempo. También a mis queridos tíos Marleni, Cristian que siempre estuvieron apoyándome en todo momento con sus consejos para lograr culminar esta etapa de mi vida profesional. Por último, un agradecimiento especial a mí asesor Mg. Ing. Enrique Eduardo Huaroto Casquillas por su apoyo incondicional.

Índice

	Pág.
Dedicatoria:	ii
Agradecimiento:	iii
Índice.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN:.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	22
3.1. Tipo y diseño de investigación	22
3.2. Variables y Operacionalización	22
3.3. Población, muestra y muestreo:	24
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
3.5. Procedimientos:.....	26
3.6. Método de análisis de datos.....	35
3.7. Aspectos éticos:	39
IV. RESULTADOS.....	40
V. DISCUSIÓN.....	56
VI. CONCLUSIONES.....	62
VII. RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS.....	65
ANEXOS:	70

Índice de tablas.

	Pág.
Tabla 2.1. Características de absorción del PET	8
Tabla 1.2 Parámetros, Filtro Percolador De Tasa Estándar	10
Tabla 2.1 Relación de escalas de validez	25
Tabla 3.2 Validación de Especialistas	25
Tabla 3.3 Relación de escalas de confiabilidad.....	26
Tabla 3.4 Resultados de los Parámetros Químicos.....	36
Tabla 3.5 Resultados de Parámetros Físicos	37
Tabla 3.6 Resultados de Parámetros Biológicos.....	37
Tabla 3.7 Caracterización del PET para el ensayo	38
Tabla 3.8 Carga hidráulica del filtro percolador	39
Tabla 4.1 Parámetros físicos PTAR Juliaca	40
Tabla 4.2 Parámetros químicos.....	41
Tabla 4.3 Parámetros Biológicos PTAR Juliaca	42
Tabla 4.4 Resumen de características existentes del agua residual de la PTAR Juliaca	44
Tabla 4.5 Remoción de DBO con el filtro	44
Tabla 4.6 Remoción de DQO	46
Tabla 4.7 Remoción de Coliformes termotolerantes	47
Tabla 4.8 Remoción de Sólidos totales en suspensión	49
Tabla 4.9 Remoción de pH.....	50
Tabla 4.10 Remoción de Aceites y grasas	51
Tabla 4.11 Resumen de eficacia de remoción	53
Tabla 4.12 Absorción de agua del PET	54
Tabla 4.13 Resumen de caracterización del PET para el ensayo	54
Tabla 4.14 Resumen de remoción de contaminantes.	55

Índice de gráficos y figuras.

	Pág.
Figura 1.1. Población en América Latina conectada a Sistema de Alcantarillado..	1
Figura 1.2. Localidades con Tratamiento de Aguas Residuales en las Empresas Prestadoras de Servicio	2
Figura 2.1 Botella PET de 2500 ml a 2700 ml	9
Figura 2.2. Esquema de un Filtro Percolador	10
Figura 2.3 Esquema de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	12
Figura 2.4 Entrada de aguas residuales PTAR Juliaca	13
Figura 2.5 Cámara de rejas entrada PTAR Juliaca	13
Figura 2.6 Canales de Distribución PTAR Juliaca	14
Figura 2.7 Canales de Distribución PTAR Juliaca	14
Figura 2.8 Laguna Artificial PTAR Juliaca	15
Figura 2.9 Laguna artificial PTAR Juliaca.....	15
Figura 2.10 Lagunas de Oxidación PTAR Juliaca	16
Figura 2.11 Cámara de Rejas Salida PTAR Juliaca.....	17
Figura 2.12 Cámara de Rejas Salida PTAR Juliaca.....	17
Figura 2.13 Buzones de Salida PTAR Juliaca.....	18
Figura 2.14 Buzones de Salida PTAR Juliaca.....	18
Figura 2.15 Efluente PTAR Juliaca	19
Figura 2.16 Puntos de Monitoreo.	19
Figura 2.17. L.M.P. para PTAR	20
Figura 3.1 Muestras de PETr usados.....	27
Figura 3.2 Medidas de tiras PETr.....	27
Figura 3.3 Forma del PETr para lecho filtrante.....	28
Figura 3.4 Lavado del PET para el lecho filtrante.....	28
Figura 3.5 Secado del PET para el lecho filtrante	29
Figura 3.4 Pesaje del PETr a utilizar	29
Figura 3.5 Lavado y secado del agregado.	30
Figura 3.6. Pesaje del agregado para el filtro percolador	30
Figura 3.7 Esquema del filtro percolador para la investigación	31
Figura 3.8 Radio del cilindro.....	31

Figura 3.9 Altura del cilindro	32
Figura 3.10 Ubicación del filtro percolador en la PTAR Juliaca	32
Figura 3.11 Toma de muestra directa del efluente	33
Figura 3.12 Muestras tomadas del agua que efluye del filtro percolador	33
Figura 3.13 Ubicación de la PTAR Juliaca	34
Figura 3.14 Tabla de caracterización de absorción del PET	38

RESUMEN.

La presente investigación se titula: Influencia del PET Reciclado en Filtro Percolador Piloto en el Tratamiento Secundario de Aguas Residuales Domésticas - San Román, Puno – 2021. Fijo por objetivo: Conocer la influencia del PET reciclado en filtro percolador piloto en el tratamiento secundario de aguas residuales domésticas - San Román, Puno. Como metodología, se aplicó el tipo aplicada y diseño experimental cuantitativo.

Los resultados: la eficacia de remoción del filtro percolador fueron los siguientes: D.B.O = 59.06 % aun así se sigue excediendo en un 143.82 %; D.Q.O = 60.5 % si se llega a los L.M.P; Coliformes termotolerantes = 85.71% aun así se sigue excediendo lo permitido; Solidos totales en suspensión = 36.54 % con esto estamos por encima de lo permitido; pH = 1.05 % estamos por debajo de lo permitido; aceite y grasas = 31.34 % estamos dentro de la normativa de los L.M.P.

La investigación muestra como conclusión: El PET reciclado usado como material de lecho filtrante en la PTAR Juliaca, provincia de San Román si remueve los contaminantes presentes en el agua residual doméstica en un promedio de 45.7 % de los parámetros analizados.

Palabras claves: filtro percolador, tratamiento de agua residual, polietileno tereftalato.

ABSTRACT.

This research is entitled: Influence of Recycled PET in Pilot Percolator Filter in Secondary Treatment of Domestic Wastewater - San Román, Puno - 2021. Fixed by objective: To know the influence of recycled PET in pilot percolator filter in secondary water treatment domestic waste - San Román, Puno. As methodology, the applied type and quantitative experimental design were applied.

The results: the removal efficiency of the trickling filter were the following: D.B.O = 59.06%, even so, it is still exceeded by 143.82%; D.Q.O = 60.5% if the L.M.P is reached; Thermotolerant coliforms = 85.71%, even so, it continues to exceed what is allowed; Total suspended solids = 36.54% with this we are above what is allowed; pH = 1.05% we are below what is allowed; oil and fat = 31.34% we are within the regulations of the L.M.P.

The investigation shows as a conclusion: The recycled PET used as filter bed material in the Juliaca PTAR, San Román province, does remove the pollutants present in the domestic wastewater in an average of 45.7% of the parameters analyzed.

Keywords: trickling filter, wastewater treatment, polyethylene terephthalate.

I. INTRODUCCIÓN:

En América Latina y el Caribe, aproximadamente del 60% de la colectividad está unida a la estructura de alcantarillado. El 30% al 40% del agua residual es tratado. Las proporciones son impresionantes, por el urbanismo de América Latina que crecen desmedidamente durante los últimos años los cuales generan problemas en la salud pública y contaminación ambiental (Rodríguez, Serrano, Delgado, & Nolasco, 2020)



Figura 1.1. Población en América Latina conectada a Sistema de Alcantarillado
Fuente: Rodríguez, Serrano, Delgado, & Nolasco, (2020)

En el Perú, de las 253 localidades del ámbito de las Empresas Prestadoras de Servicio, 89 no cuentan con PTAR, y el agua residual se vierte directamente a los efluentes. La idoneidad hidráulica de las PTAR en operatividad es de 29 600 L/s lo que representa a 15.8 millones de personas teniendo en cuenta una contribución por cada uno de 162 L/d.

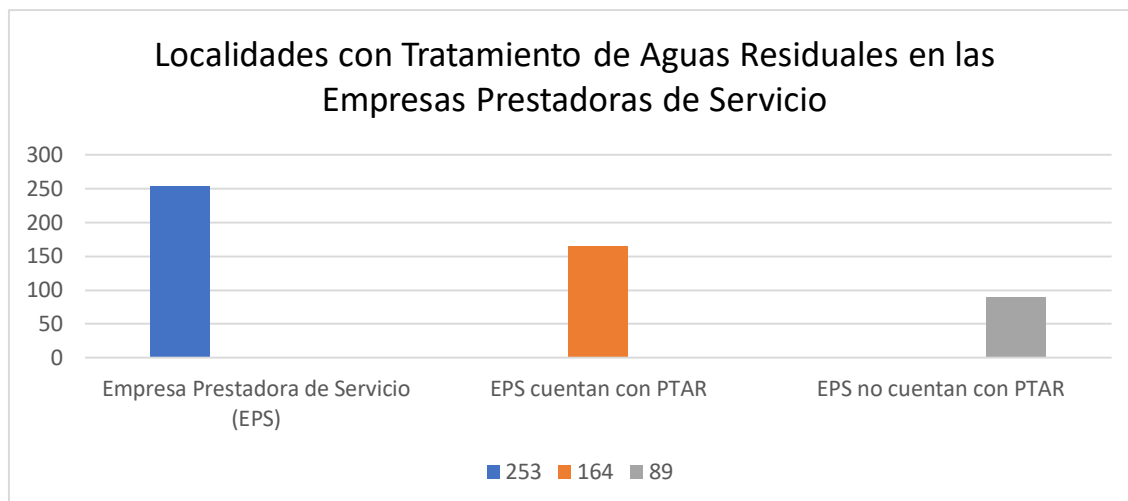


Figura 1.2. Localidades con Tratamiento de Aguas Residuales en las Empresas Prestadoras de Servicio
Fuente: (SUNASS, 2016)

El problema que tenemos con la mayoría de PTAR es que fueron diseñadas para menor caudal de diseño sin prever un crecimiento exponencial de la población urbana lo cual ocasiona un inadecuado tratamiento de las aguas residuales por trabajar sobrecargadas (SUNASS, 2016). Al verter directamente el agua residual al efluente generamos contaminación de la cuenca receptora, las cuales ocasionan enfermedades, contaminación de flora y fauna. Por otro lado, según el (MINAM, 2019) el uso de envases PET y plásticos aumentó a 30kg de plástico por persona al año, de las cuales el 46% del total en el Perú se genera en Lima Metropolitana y el Callao con un aporte de 886 toneladas de residuos plásticos por día.

El tratamiento secundario es un grupo de conjuntos biológicos para quitar los elementos orgánicos actuales en el agua residual. (López del Pino & Martín Calderón, 2017, pág. 135), uno de ellos es el FP con lecho de purificador a base de PETr, el cual puede ser una solución en la presente investigación para cumplir los L.M.P del D.S N°-003-2010-MINAM.

El 12 de marzo del presente año mediante resolución directoral 020-2021-VIVIENDA/VMCS/PNSU/1.0 del Programa Nacional de Saneamiento Urbano (PNSU) del MVCS aprobó el expediente técnico de la Etapa I del Plan PTAR Titicaca

para la ciudad de Juliaca en el que se aprecia la ampliación de los sistemas de agua potable y alcantarillado con un presupuesto de S/ 1 051 528 689 y la Etapa II contempla la construcción de una PTAR (Gobierno del Perú, 2021), en la provincia de San Román se cuenta con una PTAR la cual trabaja sobrecargada, esta planta de tratamiento no cumple con los límites máximos permisibles aprobados por el Decreto Supremo N°-003-2010-MINAM Límites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento Residuales Domésticas o Municipales. El producto de esta planta es descargado directamente sobre el caudal del Río Coata lo que ocasiona contaminación ambiental en la flora y fauna; propagación de enfermedades e infiltración de agua contaminada al subsuelo. Otro de los grandes problemas que se ve a diario en la provincia de San Román son los montículos de basura y en las que muchas veces predomina el PET (polietileno tereftalato) es un poliéster que forma parte de la familia de los plásticos, son de fácil modelación, por tal razón se pueden adaptar a cualquier tipo de molde, forma y tamaño, su uso se ha diversificado para el uso de bebidas gasificadas, agua embotellada, aceites, productos de limpieza y cosméticos. (Mendoza Robledo, 2018). Los filtros percoladores en las PTAR más comunes son los de lecho filtrante de piedra y gravas las cuales se llenan de agua por una mala granulometría y generan un excesivo crecimiento de biomasa, los cuales obstruyen el filtro, generando malos olores por la sobrecarga volumétrica, a su vez este problema genera la propagación de moscas las cuales generan molestias y propagación de enfermedades en las áreas aledañas. Otro de los problemas que se generan con estos filtros con lecho de arena es que necesitan limpiar los lodos activados con frecuencia por la noche ya que estos se deben mantener húmedos. Por eso existen algunas soluciones que vienen siendo aplicados uno de ellos es el PET el cual puede obtenerse reciclándose por tal se plantea el uso de PETr en el FP piloto; ya que el PET no es reciclado adecuadamente en nuestra región causando contaminación medio ambiental por el corto periodo de uso que se le da; también para conocer el funcionamiento de este dispositivo como tratamiento secundario en la PTAR Juliaca y conocer más acerca de su uso y rendimiento en alturas superiores a 3825 msnm. Por tal motivo se considera el siguiente problema general:

¿Cuál es la influencia del PETr en el Filtro Percolador piloto como tratamiento secundario del agua residual doméstica - San Román, Puno?

Así mismo se plantea los siguientes problemas específicos:

1. ¿Cuál es la particularidad del agua residual doméstica en la provincia de San Román establecido a través de experimentación biológico, físico y químico?
2. ¿Cuál será la eficacia de remoción de la DBO, DQO, Coliformes Termotolerantes, SST, pH con el filtro percolador?
3. ¿Cuáles son las cualidades del PETr como elemento de filtrante y cómo repercutirá en la propiedad del agua residual doméstico en la provincia de San Román?

Esta investigación se justifica de la siguiente manera: En lo **social** la sociedad estará beneficiada con menor impacto ambiental, menor contaminación del río Coata y mayor reciclaje del material PET. En lo **práctico**, al realizar un tratamiento secundario con el filtro percolador y el PET como material de lecho filtrante mejorara la calidad del agua del efluente de la PTAR Juliaca. Proponiendo un dispositivo de fácil manejo y económico. En lo **económico** esta investigación se justifica al usar PET reciclado como lecho filtrante y el costo será más económico este por ser un material que no se recicla adecuadamente en la zona de estudio, Provincia de San Román. En lo **metodológico** contribuye con instrumentos de recolección de datos fiables para que otros investigadores puedan tomar estos como referencia para nuevos temas de estudios o investigaciones adaptándolos a sus nuevos contextos. Por tal razón se considera como estimar la siguiente hipótesis general:

El filtro percolador piloto con PETr actúa convenientemente en la eliminación de contaminantes del agua residual doméstica – San Román, Puno.

Las hipótesis específicas son:

1. Las propiedades existentes del agua residual doméstica de la Provincia de San Román establecido a través de experimentación biológico, físico y químico exceden los límites máximos permisibles permitidos.
2. La eficacia será mayor a 50% en la remoción de la DBO, DQO, Coliformes termotolerantes, SST, pH con el filtro percolador.

3. El PETr empleado como elemento de filtro en la provincia de San Román elimina los contaminantes que aparecen en el agua residual doméstica, a causa de las propiedades y particularidades físicas.

En la presente investigación se tiene como objetivo principal el siguiente:

Conocer la influencia del PETr en filtro percolador piloto como tratamiento secundario del agua residual doméstica - San Román, Puno.

Los objetivos específicos son los siguientes:

1. Conocer las particularidades del agua residual doméstica en la provincia de San Román establecido a través de experimentación biológico, físico y químico.
2. Establecer la eficacia de remoción de la DBO, DQO, Coliformes termotolerantes, SST, pH con el filtro percolador
3. Comprender las cualidades del PETr como elemento de filtro que influirá en las particularidades del agua residual doméstica en la provincia de San Román.

II. MARCO TEÓRICO.

Rehman, Ayub, Naz, Perveen, & Ahmed, (2020) su **objetivo** principal fue el método para tratar las aguas residuales domésticas con un FP a escala piloto en una extensión de la Universidad Quaid Azam, Pakistán. La **metodología** es de tipo aplicada y diseño experimental. El filtro se operó en tres tiempos a 24 horas, 48 horas y 72 horas la cual mostró una importante eliminación respecto a los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos y se obtuvo los siguientes **resultados**: sólidos disueltos 34%, sulfatos 37%, fosfatos 81.8% y nitrógeno 66.6%; llega a la **conclusión** que el filtro percolador a escala piloto ostenta gran capacidad para ser emprendida en pequeñas urbes en países subdesarrollados.

Abuaddous, Ta'amneh, & Rabab'ah, (2020), el **objetivo** central fue analizar el uso eventual del polietileno tereftalato reciclado (RPET) como reformador del ligante asfáltico. La **metodología** es de tipo aplicada y diseño experimental. Las botellas de plástico se lavaron, trituraron y fundieron, posteriormente el RPET se combinó con aglutinantes asfálticos con un punto de penetración 60/70 en cinco porcentajes (0%, 5%, 10%, 15%, 20%). Y dieron como **resultados** al integrar el PET reciclado en el ligante asfáltico los valores de ductilidad y penetración disminuye, y se **concluye** que mientras el punto de ablandamiento y viscosidad del ligante aumentan en gran proporción.

Dąbrowski & Karolinczak, (2019), el **objetivo** principal es presentar la probabilidad de tratar las aguas residuales de las cervecerías artesanales con un sistema híbrido; La **metodología** es de tipo aplicada y diseño cuasi experimental. El filtro percolador y un humedal de flujo vertical modelo escala para descargarlas a un receptor de conformidad a las normas polacas. Las aguas residuales analizadas son de la cervecería artesanal Waszczukowe. Los **resultados** mostraron una eficacia promedio del filtro percolador funcionando al 100% de capacidad fue 76% DBO5, 80% DQO, 26% nitrógeno, mientras que la eficacia total del sistema híbrido fue de 98% DBO5, 98% DQO, 72% nitrógeno. Con estos resultados los autores **concluyen** e indican que el tratamiento híbrido admite descargar las aguas residuales al efluente.

Jaramillo & Paredes, (2019), el **objetivo** general de esta tesis es la eficacia de dos FP en secuencia para el posterior tratamiento del agua residual doméstica en el barrio de Santa Lucía – Morales. La **metodología** es de tipo aplicada y diseño experimental. En los **resultados** en este trabajo de investigación nos indica que la eficacia en promedio de los FP de los indicadores DBO5 y DQO es de 91.20 % y 93.87 % equivalentemente por el periodo de funcionamiento de 40 días. Las medidas del FP tuvieron un volumen de 0.066 m³ y un área de 0.051 m². Y **concluyen** que los filtros percoladores si funcionan correctamente como tratamiento secundario.

Núñez Figueroa, (2019), el **objetivo** general: determinar la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cajabamba, La **metodología** es de tipo aplicada y diseño experimental. Y se obtuvo los siguientes **resultados** en la remoción de D.B.O5, D.Q.O, sólidos suspendidos totales, aceites y grasas. Una de las **conclusiones** es que se encontró los siguientes parámetros en la salida del efluente: D.B.O5 = 202.50, D.Q.O = 446.30, SST = 120, AG = 12

Echeverría Garro, (2017), el **objetivo** general de esta investigación es precisar las cualidades físicas de los bloques de °C con PETr. La **metodología** es de tipo aplicada y el autor obtiene estos **resultados** en la adición de PET reciclado al 3%, 6%, 9% aumenta en la absorción a medida que se aumenta la medida en la mezcla, esta práctica se debe a que el PET reciclado por su forma geométrica genera mayor porosidad en el ladrillo lo cual no deja un adecuado acomodo de las partículas lo que genera mayor porosidad en el ladrillo. Una de las **conclusiones** respecto al peso unitario volumétrico disminuye en 14% comparado con un ladrillo sin adición de PET reciclado.

Teorías Asociadas:

Se detallan de acuerdo a las variables de esta investigación: **Variable 1:** Influencia del PET reciclado

El polietileno tereftalato (PET) es considerado como uno de más valiosos polímeros desde los años 1970, la patente PET tiene óptimas características mecánicas, resistencia química y resistencia al calor. (Farah, 2015). El PET es

usado en una variedad de productos como botellas, accesorios en el hogar, empaques de luz, herramientas diversas, y en el manejo de materiales. (Adel Elamri, 2017). De todos los envases de PET usados, las botellas se juntan y reciclan en gran parte en el continente europeo; en el 2016 reciclaron 1770 toneladas de PET de las 3150 toneladas vendidas en el continente. La mayoría se usó para fabricar botellas de bebidas, bandejas de embalaje, flejes y relleno de vellón. (Wrouwer, Eggo Ulphard, & Alvarado Chacon, 2020). Este material es difícil de degradarse naturalmente y no se aconseja su incineración porque podría ocasionar secuelas en la salud. (Magno Claudinho & Celis Ariza, 2017)

Caracterización del PET: el PET para este estudio será caracterizado de la siguiente manera:

Tabla 2.1. Características de absorción del PET

TABLA DE CARACTERÍSTICAS GENERALES DE PET						
Rasgos Habituales	Norma de ensayo			Valores indicativos		
	ISO	NF	Otros	Und	e en mm	Valor obtenido
Abs. de agua en 24h	R62	T51002	DIN 53495	%	2	0.30
Abs. de agua en 8 días	R62	T51002	DIN 53495	%	2	0.50
Abs. max en inmersión 1200h			Interna	%	2	1.75

Fuente: Industrias San Miguel; características del producto botellas PET

Tipos de PET: podemos distinguir 3 tipos de PET: Textil: se utilizan para suplir a las fibras naturales, Film; son los que se usan para las películas fotográficas o también para rayos X; Botellas: principalmente para bebidas gasificadas y alimentos ya que pueden estar en contacto directo con los alimentos. En este caso para esta experimentación utilizaremos los PET de bebidas gasificadas de 2mm de espesor.



Figura 2.1 Botella PET de 2500 ml a 2700 ml
Fuente: Catálogo de productos Industrias San Miguel S.A.

Tratamiento de impurezas del plástico PET: Con la finalidad de realizar una correcta forma de reciclaje de plástico la unión europea ha creado un código R.I.C. (Resin Identification Code) que enumera mediante siglas el uso y reciclaje de plásticos con el que se fabricó estos elementos. Las etapas del procedimiento para el correcto reciclaje de los residuos plásticos PET son: (Wrouwer, Eggo Ulphard, & Alvarado Chacon, 2020)

- Triturado, recortar en pequeñas tiras.
- Lavado, se elimina las impurezas que podría contener.
- Secado.
- Granceado. Para obtener uniformidad mediante fundición.

Se detallan de acuerdo a las variables de esta investigación: **Variable 2:** Filtro percolador piloto en el tratamiento secundario de aguas residuales domésticas.

El filtro percolador (FP) es una manera de tratar secundaria del agua residual que disminuye la masa orgánica. Las aguas residuales gotean por un lecho en molde circular, pueden ser de piedras o material plástico, para que sea más beneficioso debe ser un material con un área específica entre 30 y 900 m²/m³. Los

microorganismos de las aguas residuales se unen al lecho filtrante las cuales están rodeadas por bacterias quienes desbaratan los restos orgánicos de las aguas residuales, que está cubierto de bacterias; quienes descomponen los desechos orgánicos y eliminan los contaminantes de las aguas residuales. (ETI - Environmental Technology Initiative, 2015). Un FP puede aminorar la DBO5; un bajo porcentaje de este generalmente nos señala una óptima calidad de agua. Al extraer los sólidos licuados de las aguas negras nos faculta disminuir el grado de DBO5. (Lesikar & Juan, 2019)

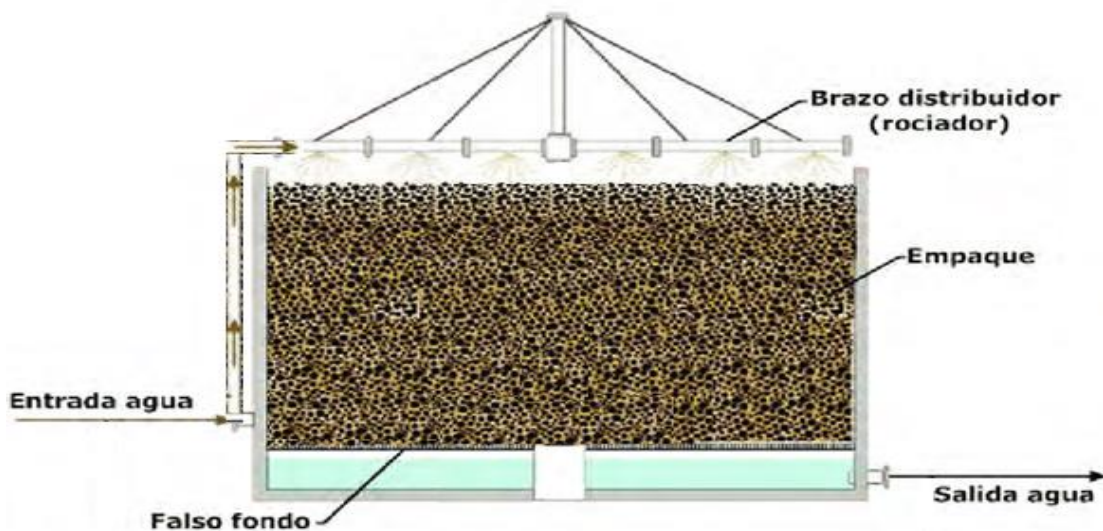


Figura 2.2. Esquema de un Filtro Percolador
 Fuente: *Evaluación del desempeño del filtro biológico de la Universidad Tecnológica de Panamá* (Lanneth, Díaz, López, & Medina, 2018)

Filtro Percolador de tasa baja son conocidos también por filtros de tasa estándar, el agua residual tratada previamente pasa a este lecho para gotear en el filtro en la que se desarrollan las bacterias biopelículas o también llamadas biofilm. (Engineering Articles, 2020). Parámetros a tomar en cuenta para el diseño de un filtro percolador a tasa baja.

Tabla 1.2 Parámetros, Filtro Percolador De Tasa Estándar

FILTRO PERCOLADOR DE TASA ESTÁNDAR O TASA BAJA	UNIDADES
Relación de recirculación	Generalmente cero
Tamaño de los medios filtrantes	2.5-10 centímetros
Tiempo de dosificación	De 1 – 2 horas
Altura de filtro percolador tasa baja	0.6 m – 2.5 m
Carga hidráulica máxima	1.1 a 4.3 m ³ / día * m ²
Altura de limo y/o arena	De 4cm a 2cm
Índice de huecos	>95 %

Fuente: Estudio experimental sobre el sistema de tratamiento de aguas residuales basado en filtros por goteo. (Khan, Sultan, Mahmood, Nasir, & Ali, 2016)

Las aguas residuales generalmente se constituyen por un 99% de agua y 1% de sólidos disueltos. El vertimiento de estas aguas sin tratar al efluente tiene como consecuencias daños a la salud humana, causas ambientales desfavorables, consecuencias en la economía. Las disposiciones de las aguas residuales generalmente varían por la gran cantidad de contaminantes evacuados de las viviendas, industrias, comercios e instituciones. Las aguas residuales de las viviendas por lo general están exentas de componentes peligrosos. (UNESCO, 2017)

Planta De Tratamiento De Aguas Residuales (PTAR) El tratamiento de aguas residuales es una sucesión de transformaciones físicas, químicas y biológicas las cuales suprimen estos contaminantes del efluente. El fin de este tratamiento es tratar el agua y dejarlo limpio o reutilizable para el medio ambiente y el desecho sólido para la eliminación o rehúso. (EcuRed Contributors, 2020)

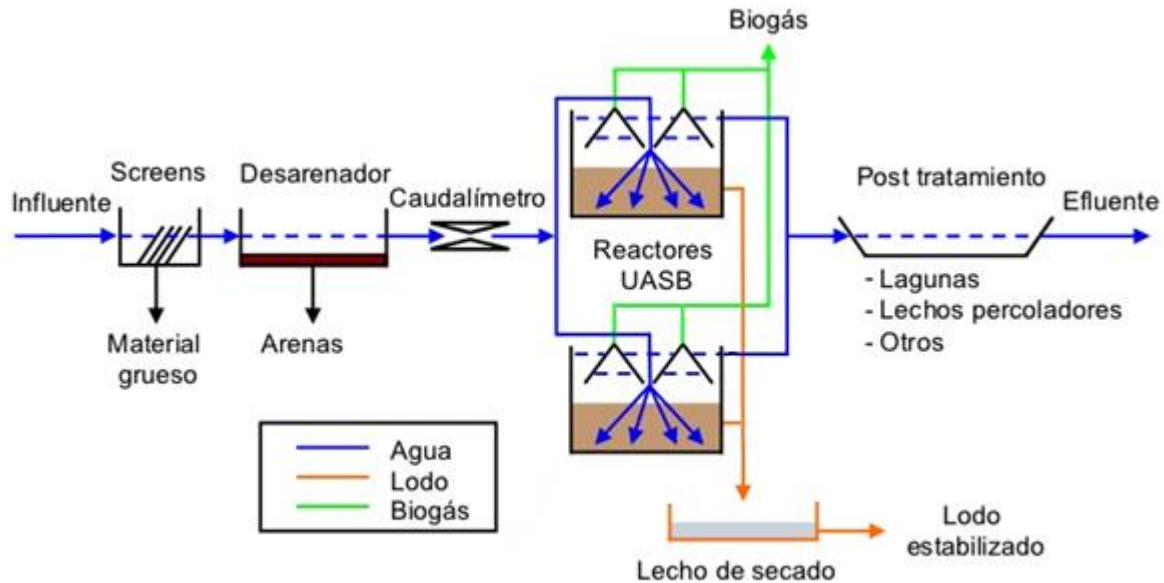


Figura 2.3 Esquema de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Fuente: Diseño e implementación de un sistema de tratamiento de Aguas residuales (Chavez Vera, 2017)

Diagnóstico del estado actual de la PTAR Juliaca: caracterización de las estructuras de la PTAR Juliaca. (Eco Ingenia S.A., 2018)

a) **ENTRADA.-** está ubicada al inicio de planta de tratamiento: Exposición de la situación en la actualidad.

- El componente de la entrada es de concreto.
- La antigüedad es mayor a los 35 años
- A causa del mal mantenimiento estas compuertas dejaron de funcionar



Figura 2.4 Entrada de aguas residuales PTAR Juliaca
Fuente: *Diagnostico Situacional de la PTAR de Juliaca (google earth)*

b) **CÁMARA DE REJAS:** está ubicado a la entrada de la PTAR: Exposición de la situación en la actualidad.

- Las aguas que entran son aguas servidas domésticas y aguas pluviales.
- La longevidad de esta cámara es mayor a los 35 años.
- Los elementos de las rejas son de acero.
- Se observa que el acero es corroído por el tiempo de uso.
- Se visualiza gran volumen de residuos sólidos.
- A causa del mal mantenimiento la cámara de rejas está en deterioro.



Figura 2.5 Cámara de rejas entrada PTAR Juliaca
Fuente: *Diagnostico Situacional de la PTAR de Juliaca (google earth)*

c) **CANALES DE DISTRIBUCIÓN:** están ubicados a los laterales de las lagunas de oxidación. Exposición de la situación en la actualidad.

- En la PTAR Juliaca hay dos canales de distribución alimentadas directamente por la cámara de rejillas.
- La antigüedad es mayor a los 35 años
- El ancho del canal es de 0.65 m y la profundidad de 0.85 m
- Se visualiza residuos sólidos en pequeñas cantidades
- Falta de mano de obra para la remoción de los residuos sólidos.



Figura 2.6 Canales de Distribución PTAR Juliaca

Fuente: *Diagnostico Situacional de la PTAR de Juliaca (google earth)*



Figura 2.7 Canales de Distribución PTAR Juliaca

Fuente: *Diagnostico Situacional de la PTAR de Juliaca*

d) **LAGUNA ARTIFICIAL:** está ubicada en el intermedio de las lagunas de oxidación. Exposición de la situación en la actualidad.

- Esta laguna se formó por la aglutinación de las lluvias y por la filtración de las lagunas de oxidación.
- Acumula gran cantidad de residuos sólidos y aves silvestres que se alimentan de las mismas.



Figura 2.8 Laguna Artificial PTAR Juliaca
Fuente: Diagnostico Situacional de la PTAR de Juliaca



Figura 2.9 Laguna artificial PTAR Juliaca
Fuente: Diagnostico Situacional de la PTAR de Juliaca (google earth)

e) **LAGUNAS DE OXIDACIÓN:** las lagunas de oxidación de la PTAR Juliaca están ubicadas al lado del botadero municipal Chilla. Exposición de la situación en la actualidad.

- Existen 8 lagunas de oxidación con medidas de 100m x 100m con profundidad de 2.73 m.
- La forma geométrica de la laguna es cuadrada.
- Generan contaminación del aire y el subsuelo de los poblados circundantes.

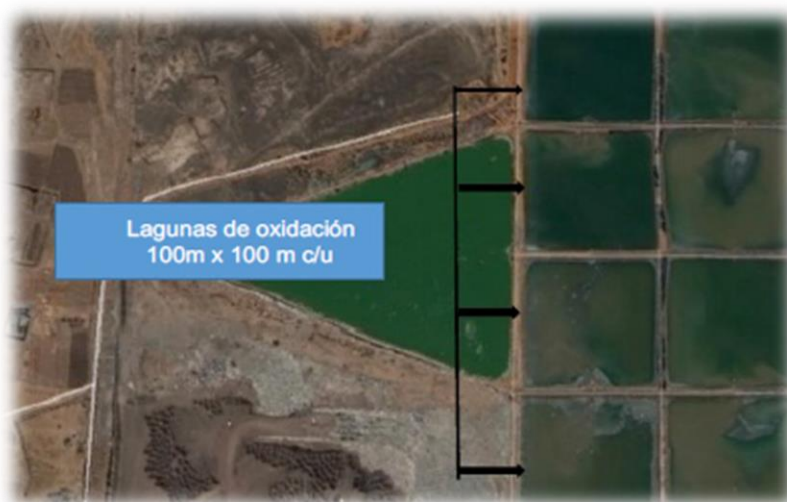


Figura 2.10 Lagunas de Oxidación PTAR Juliaca
Fuente: *Diagnostico Situacional de la PTAR de Juliaca (google earth)*

f) **CÁMARA DE REJAS SALIDA:** Esta ubicado en la salida de la PTAR Juliaca. Exposición de la situación en la actualidad.

- Consta de dos cámaras de rejillas a la salida y se evacuan por una tubería de 21" hacia el río Torococha.
- La antigüedad es mayor a los 35 años
- Se visualiza gran cantidad de residuos como papeles, plásticos, las cuales son traídas por los vientos.
- La limpieza de estas cámaras se hace cada 10 años.



Figura 2.11 Cámara de Rejas Salida PTAR Juliaca
Fuente: Diagnostico Situacional de la PTAR de Juliaca (google earth)



Figura 2.12 Cámara de Rejas Salida PTAR Juliaca
Fuente: Diagnostico Situacional de la PTAR de Juliaca

g) BUZONES DE SALIDA: se ubican a cada 200m hasta llegar al efluente.
Exposición de la situación en la actualidad.

- Estos buzones no tienen un adecuado mantenimiento
- Las medidas de los buzones son de 1.30m x 0.80 m.

- Tienen una antigüedad mayor a los 35 años



Figura 2.13 Buzones de Salida PTAR Juliaca
 Fuente: *Diagnostico Situacional de la PTAR de Juliaca (google earth)*



Figura 2.14 Buzones de Salida PTAR Juliaca
 Fuente: *Diagnostico Situacional de la PTAR de Juliaca*

- h) DESEMBOCADURA FINAL:** Se encuentra en la parte final de la PTAR y efluye al río Torococha, el río con mayor contaminación de la ciudad de Juliaca. Exposición de la situación en la actualidad.
- Genera malos olores muy fuertes que atenta a la salubridad de la población circundante.

- Los habitantes de esta zona de Chilla están en contra de esta desembocadura.



Figura 2.15 Efluente PTAR Juliaca
Fuente: Diagnostico Situacional de la PTAR de Juliaca

El tratamiento secundario es diseñado para disminuir el volumen biológico del agua residual, estos provienen de desechos humanos, restos de alimentos y artículos de limpieza. Para este tratamiento es provechoso la incorporación de procesos biológicos que dan como resultados la remoción entre 50% y 95% de DBO. Por otro lado, el amoníaco y el fósforo aminoran con un tratamiento biológico. (Zhang, 2019, p. 65)

Puntos de monitoreo: según la Resolución Ministerial N° 273-2013-Vivienda los puntos para realizar el monitoreo son dos, a la entrada de la PTAR o el dispositivo, y el otro a la salida del dispositivo en el punto de vertido.

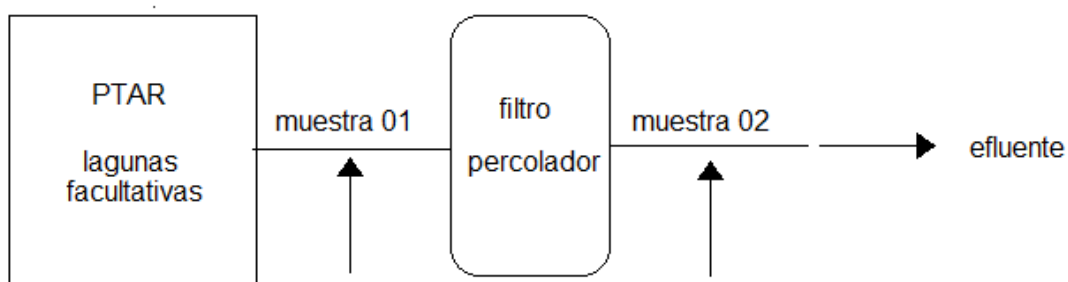


Figura 2.16 Puntos de Monitoreo.
Fuente: Resolución Ministerial N° 273-2013-Vivienda

Demanda Biológica De Oxígeno (DBO) es un parámetro que nos sirve para medir la porción de oxígeno que consume los microorganismos en el agua residual, las cuales se alimentan de la materia orgánica. (Chacon, 2015). **DBO5** nos indica la porción de oxígeno que gastan los microorganismos y bacterias en un periodo de 5 días a una temperatura de 20°C en una muestra de agua (León Jorge, Wilches Florez, & Vanegas Castillo, 2017)

Demanda Química De Oxígeno (DQO) es un parámetro sustancial y rápido para diagnosticar el nivel de contaminación del agua. Y también puede usarse para calcular la eficacia de una PTAR. Es un parámetro para realizar un rastreo de la calidad del agua residual midiendo DQO en la entrada y salida. (Ramírez Burgos & Durán Domínguez de Bazúa, 2015)

Parámetros De Descarga: Para la determinación de la eficacia con que trabaja una PTAR en el Perú se fijan los parámetros de descarga a los efluentes y control de calidad de acuerdo a la norma el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM esta norma aprueba L-M-P para los efluentes de PTAR Domésticas o Municipales, dichos parámetros se señalan en la siguiente figura:

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES
PARA LOS EFLUENTES DE PTAR**

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Figura 2.17. L.M.P. para PTAR
Fuente: Decreto Supremo N°003-2010-MINAM

Área y volumen del filtro percolador: el área del cilindro que usaremos para esta investigación es el siguiente: 1.19 m²

La fórmula para calcular área superficial total de un cilindro (Shmelova, Sikirda, Rizun, Kucherov, & Dergachov, 2019)

$$A = 2 \pi R (R + h)$$

Donde:

A= área

R= radio

h= altura

$\pi = 3.141592$

El volumen de nuestro cilindro que usaremos para realizar el filtro percolador es: 0.09m³ se calculó con la siguiente fórmula para calcular el volumen del cilindro (Shmelova, Sikirda, Rizun, Kucherov, & Dergachov, 2019):

$$V = \pi R^2 h$$

Donde:

V= volumen

R= radio

h= altura

$\pi = 3.141592$

Caudal de volumen: es una medida importante que nos explica el movimiento de cualquier fluido que se calcula por la masa o volumen que pasa en un determinado tiempo. (Cabrera, 2020)

$$Q = V/T = m^3/s$$

Donde:

Q= caudal

V: volumen

T= tiempo

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: El tipo es **aplicada** por que se realiza con fines prácticos para la búsqueda de nuevos conocimientos acerca del uso del PETr como elemento para filtro en el FP piloto. Toda la información que se consigue para la innovación de tecnologías inéditas y métodos para mejorar nuestra sociedad. Este tipo de investigación posee conclusiones más conocidas por la población. (Rivera, 2019)

Diseño de la Investigación: El diseño de esta investigación es **experimental** porque se realizará ensayos de laboratorio para confrontar con las hipótesis planteadas. **Cuasi Experimental.**- los estudios de cambio se miden en función al tiempo: Este método utiliza el cambio directo o indirecto de la variable independiente, proyectando ocasiones en que se descubran las características y nexos. (Campi Mayorga, Santos Jiménez, & De Lucas Coloma, 2017)

Nivel de investigación: el nivel de esta investigación es **nivel explicativo** por que se investigó la problemática de acuerdo a los L.M.P del DS 003 del MINAM. El nivel explicativo son los que generan una solución a los casuales de sucesos, incidentes de fenómenos físicos y sociales. (Rivera, 2019)

3.2. Variables y Operacionalización

La operacionalización de una variable equivale a una conceptualización operacional una clara definición empírica la cual nos permita medir esa definición entre conceptualizaciones y las observaciones. (Bauce, Córdova, Avila, & Ana, 2018). La presente tesis tiene dos variables

Variable independiente: Influencia del PET reciclado

Variable independiente es aquel factor que es manipulable por el investigador para obtener una o más respuestas conocidas como variables dependientes. En general una investigación solo tiene una o dos variables independientes. (Moe & Oo, 2020)

- **Definición conceptual:** Los plásticos PET son los más empleados en la actualidad en envases de bebidas, empaques, electrónica y continúan apareciendo nuevas formas de uso. Una de las características de los plásticos PET es que se adaptan con facilidad mezclándolos con otros aditivos y materiales. El reciclaje del PET en algunos casos es rentable pero también hay casos en que se genera un costo adicional al momento de recolectar y separar estos residuos. (PR Newswire New York, 2020)
- **Definición operacional:** La influencia que tiene el PETr como elemento de filtro en el filtro percolador piloto en la PTAR Juliaca para un tratamiento secundario
- **Indicadores:** Los indicadores para esta variable independiente son los siguientes: Peso PET, Superficie Específica Unitaria, forma de elemento filtrante.
- **Escala de medición:** se medirán con la escala razón y se tomaron las siguientes unidades de medida: kilos, Centímetros, volumen. La escala razón son comprendidos como una de las cifras cuantitativas porque tienen como singularidad de que no hay un valor numérico igual a cero. (Howard & Vasiliy, 2020)

Variable dependiente: Filtro percolador piloto en el tratamiento secundario de aguas residuales domésticas.

La VD. es un factor que mide el investigador para diagnosticar los efectos, causas que produce la variable independiente al ser manipulado por el investigador. Esta variable aparece con la modificación de la independiente. (Kunißen, 2019)

- **Definición conceptual:** Para el uso de filtros percoladores o conocidos también como filtros biológicos como tratamiento secundario se sugiere un rango de remoción de DBO de 0.6 a 2.4 Kg DBO/ m³ – d cuando se utiliza un medio de soporte de plástico. (Centeno Mora, Rodríguez Cambroner, & Ugalde Herra, 2017)
- **Definición operacional:** El filtro percolador piloto se usará para tratar el agua residual doméstica como tratamiento secundario en la PTAR Juliaca y

así llegar a los LMP que nos da la normativa peruana. Realizando muestreo en laboratorio.

- **Indicadores:** para esta variable se tomó los siguientes indicadores: Aceites y grasas, Coliformes Termotolerantes, DBO, DQO, pH, Sólidos Totales en Suspensión, Temperatura
- **Escala de medición:** se medirán con la escala razón y se tomaron las siguientes unidades: mg/L, NPM/100mL, mg/L, mg/L, unidad, mL/L, °C. La escala razón son comprendidos como una de las cifras cuantitativas porque tienen como singularidad de que no hay un valor numérico igual a cero. (Howard & Vasiliy, 2020)

3.3. Población, muestra y muestreo:

Población: Para la siguiente investigación, nos apoyaremos en estudio de la Sunass el cual nos dice que existen 164 Localidades PTAR administradas por Empresas Prestadoras de Servicio. Por ende, la población que tomaremos para este trabajo son las PTAR. La población de un estudio es un grupo de casos, concretos, definidos y cercanos, los cuales serán relativos a la selección de la muestra que cumplirá con los principios determinados para el estudio. (Arias Gómez, Villasís Keever, & Miranda Novales, 2016).

Muestra: los métodos de diseño para el trabajo de investigación están situados en la ejecución de este estudio en la PTAR Juliaca para probar el filtro percolador piloto que plantamos el cual tendrá el PET reciclado como lecho filtrante. Lo característico de una muestra nos posibilita deducir los resultados que se observan en un área en específico que están aprovechables para la investigación. (Otzen Manterola, 2017)

Muestreo: Para este trabajo de investigación se utilizará **el muestreo no probabilístico por conveniencia**, porque haremos los ensayos en la PTAR Juliaca el cual lo identificamos de manera directa para nuestro trabajo de investigación. Este método se identifica por conseguir especímenes representativos, que cumplen con las cualidades que busca el investigador intencionalmente a los que tiene fácil acceso (Hernández & Carpio, 2019)

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

La **técnica** de **observación directa** es un procedimiento elemental y eficiente porque el investigador tiene contacto directo con el objeto de estudio. (Canals, 2017). Esta tesis se acontecerá por medio de la técnica de observación directa para la recopilación de datos respectivos y análisis en laboratorio.

Un **instrumento** es esencial a fin de cuantificar las variables que se localizan en la hipótesis para ser capaz de asentar las cifras notables. (Ramirez, Gonzales, & Lopez, 2019). Los instrumentos para la siguiente tesis son las fichas técnicas de validez de selección de datos para los indicadores químicos, biológicos y físicos.

La **validez** logra estar comprendida por el nivel de certeza y las suposiciones que favorezcan su aclaración. (Ventura León, 2017). Al presente la tesis se legitima por medio de ensayos que se realizará en laboratorio. Y sus respectivos formatos de resultados.

Tabla 2.1 Relación de escalas de validez

Índice	Descripción	Explicación
1	Deficiente	0% a 30%
2	Regular	31% a 50%
3	Bueno	51% a 70%
4	Muy bueno	71% a 90%
5	Excelente	91% a 100%

Fuente: Padilla & Arévalo (2016)

Tabla 3.2 Validación de Especialistas

N°	Grado académico	Nombres y apellidos	C.I.P.	Validez
1	Ingeniero Químico	Estaban Castillo Machaca	85241	5
2	Ingeniero Civil	Edwar Coci Apaza	99094	5
3	Ingeniero Civil	Farans Baraona Peraes	68571	4

Fuente: Elaboración propia.

El nivel de validez promedio de las variables: **Influencia del PET reciclado y Filtro percolador piloto en el tratamiento secundario de aguas residuales domésticas**. Resulta 91%; esto se identifica como una validez excelente.

La **confiabilidad** es un atributo de la valoración de un cuestionario, cuando se tenga un mayor grado de confiabilidad se obtendrá un menor grado errático. (Ventura León, 2017).

Tabla 3.3 Relación de escalas de confiabilidad

Índice	Descripción	Explicación
1	Deficiente	0% a 30%
2	Regular	31% a 50%
3	Bueno	51% a 70%
4	Muy bueno	71% a 90%
5	Excelente	91% a 100%

Fuente: Padilla & Arévalo (2016)

La confiabilidad de nuestras variables nos da como resultado: 91%; esto se interpreta como confiabilidad excelente.

3.5. Procedimientos:

El presente trabajo de investigación se ejecutó en las siguientes etapas:

- a. **solicitar acceso** a la planta de tratamiento para ejecutar los ensayos y muestreos correspondientes.
- b. **reunir datos, reportes e informes** acerca del tratamiento de agua residual doméstica y el uso del filtro percolador como tratamiento secundario.
- c. Continuando seleccionamos los PETr que usaremos el cual transformaremos para el uso como lecho filtrante:

C.1. primero seleccionamos los PETr que usaremos para el ensayo.



Figura 3.1 Muestras de PETr usados
Fuente: Elaboración propia

C.2. Segundo: empezamos a triturar estos PETr en tiras de 3cm de ancho por 10 cm de largo:

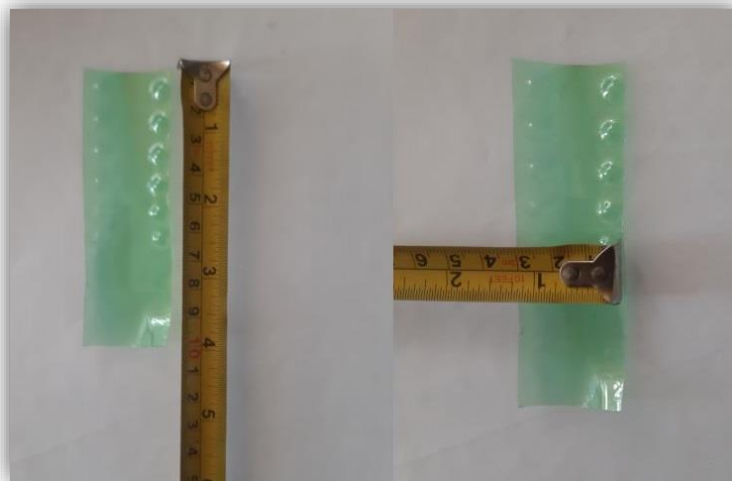


Figura 3.2 Medidas de tiras PETr
Fuente: Elaboración propia.

C.3. Tercero: Damos forma a estas tiras en forma de cubos de 3cm x 3cm x 2cm que nos permitirá una mayor oxigenación en la parte inferior del filtro para una adecuada digestión de elementos biológicos.



Figura 3.3 Forma del PETr para lecho filtrante
Fuente: elaboración propia.

C.4. Cuarto: hacemos el lavado correspondiente de las unidades del PET que utilizaremos como lecho filtrante.



Figura 3.4 Lavado del PET para el lecho filtrante
Fuente: Elaboración propia.

C.5. Quinto: una vez lavados dejamos secar al aire libre las unidades PET.



Figura 3.5 Secado del PET para el lecho filtrante
Fuente Elaboración Propia.

C.6. Sexto: Realizamos el pesaje correspondiente del material PETr con el que vamos a trabajar para realizar nuestra experimentación.



Figura 3.4 Pesaje del PETr a utilizar
Fuente: Elaboración propia

- d. Preparación de la arena para el filtro el cual tendrá una medida de 3cm de altura. La arena será de la siguiente granulometría arena que pasa por la malla n°4 y la retenida por la malla n° 16.

d.1. Lavado y secado de arena el cual utilizaremos en el filtro: arena que pasa la malla n°4 y la retenida por la malla n° 16.

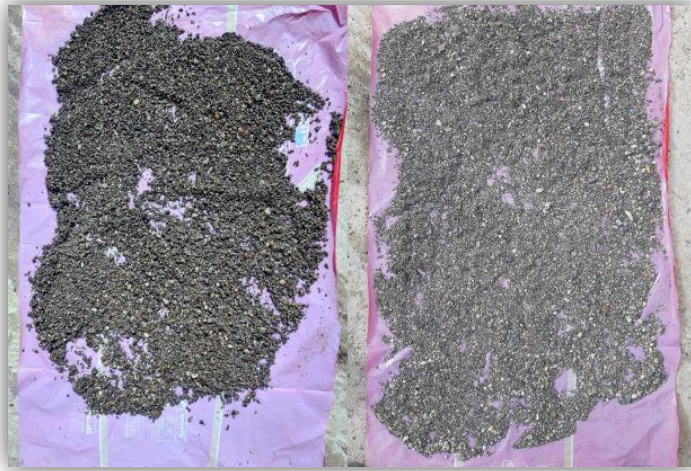


Figura 3.5 Lavado y secado del agregado.
Fuente: Elaboración propia.

d.2. Realizamos el pesaje correspondiente de agregado con el que vamos a trabajar para realizar nuestra experimentación. Agregado = 3.450 kg



Figura 3.6. Pesaje del agregado para el filtro percolador
Fuente: elaboración propia

- e. Esquematisamos el modelo del filtro para la investigación: el filtro tiene una medida de 75 cm de altura, altura de la grava de 3 cm, altura de soporte 10 cm, la altura del PETr tendrá una altura de 62 cm y el radio 20 cm.

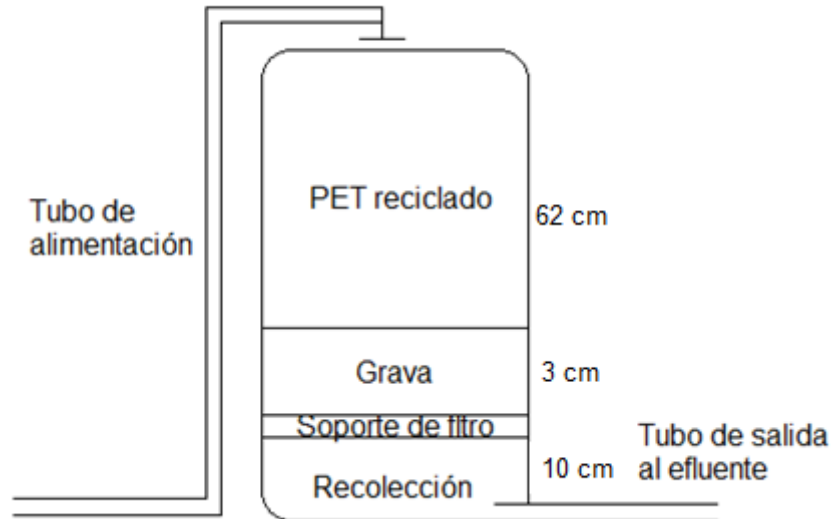


Figura 3.7 Esquema del filtro percolador para la investigación
Fuente: Elaboración propia.

- f. Continuando alistamos el cilindro el cual fungirá como filtro:
Primero: tomamos las medidas correspondientes del cilindro, la altura 75cm y el radio de 40 cm, Área = 1.19 m, Volumen = 20.09m³



Figura 3.8 Radio del cilindro.
Fuente: Elaboración Propia.



Figura 3.9 Altura del cilindro
Fuente: *Elaboración Propia*

g. Seguidamente **el trabajo de campo**, primero se ubicó el lugar donde se realizara la experimentación y posteriormente se tomó una muestra del efluente para ver si cumple con los L.M.P. dictada por el MINAM.

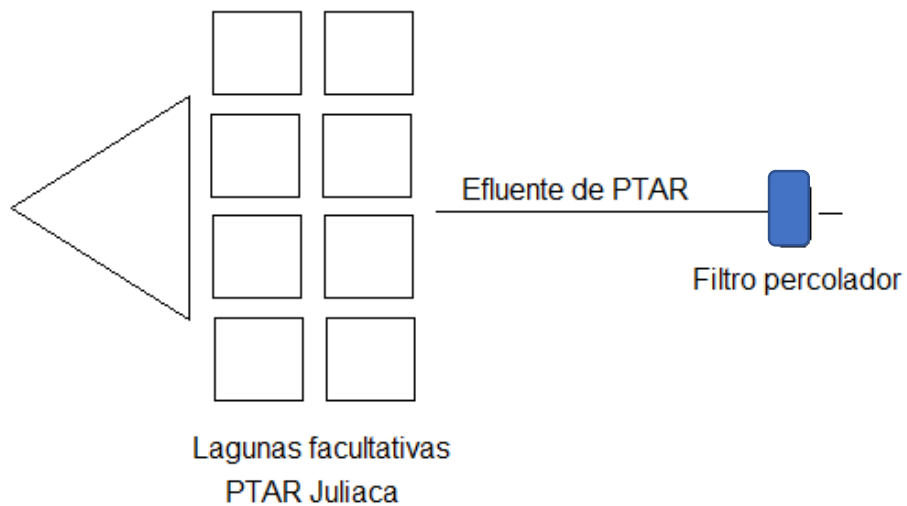


Figura 3.10 Ubicación del filtro percolador en la PTAR Juliaca
Fuente: *Elaboración Propia*



Figura 3.11 Toma de muestra directa del efluente
Fuente: Elaboración Propia.

- h. **ejecución del experimento** en donde se toma el agua residual que efluye de la PTAR hacia nuestro filtro percolador para depurar los residuos biológicos que pasan y así ayudar a que esta planta de tratamiento cumpla con los L.M.P. dictaminadas por el MINAM, en este punto también se tomó una muestra a los 5 días, 10 días y 15 días que efluye del filtro percolador.



Figura 3.12 Muestras tomadas del agua que efluye del filtro percolador
Fuente: Elaboración propia.

- i. **Por último, el trabajo de gabinete**, en este punto analizamos y comparamos los datos obtenidos en laboratorio las cuales están en nuestras fichas de validez. Realizamos la comparativa de nuestras muestras de efluentes y realizar el análisis de estos para determinar el funcionamiento de nuestro filtro percolador en la PTAR Juliaca.

3.5.1 Descripción de la zona de estudio.

3.5.1.1 Ubicación

La zona donde se encuentra la PTAR es en la provincia de San Román, distrito de Juliaca que se ubica a 3824 m.s.n.m. con las siguientes coordenadas: por el Sur $15^{\circ}29'27''$ y por el O $70^{\circ}7'37''$.



Figura 3.13 Ubicación de la PTAR Juliaca
Fuente: Google Earth

3.5.1.2 Características de la zona de estudio.

La ciudad de Juliaca se encuentra en la meseta del Collao por la cual es una superficie plana que ostenta pendientes planas que van desde los 3% a los 2%. Presenta un clima frío y semiseco típico del altiplano peruano, las temperaturas oscilan entre los -3°C a 16°C . Los periodos de avenidas se dan entre los meses de

setiembre a marzo, meses en las que la PTAR Juliaca colapsa debido a que el caudal que percibe aumenta significativamente. La laguna de donde tomaremos nuestra muestra de efluente tiene una medida de 105 metros por 110 metros y una profundidad de 2.5 metros.

3.5.2 Estudios previos.

3.5.2.1 Estudios de campo

Monitoreo y control de calidad en campo: el monitoreo de los indicadores de los L.M.P. que nos da el MINAM (tabla n° 2) para tal caso tomaremos una muestra de 500ml en un envase esterilizado del efluente de la PTAR Juliaca y otra muestra de 500 ml en envase esterilizado del agua residual que efluye del filtro percolador.

3.5.2.2 Estudios de laboratorio

Son los análisis que realizamos en laboratorio para determinar los L.M.P. (fig. 4) y así determinar el funcionamiento de la PTAR Juliaca y también el funcionamiento del filtro percolador con lecho filtrante de PETr.

3.6. Método de análisis de datos.

Los análisis se efectuaron conforme a nuestros objetivos planteados.

- Análisis de parámetros químicos
- Análisis de parámetros físicos
- Análisis de parámetros biológicos
- Peso del PET, Superficie específica unitaria, Forma de elemento filtrante.

3.6.1 Evaluación de las cualidades del parámetro químico del agua residual doméstica de la PTAR Juliaca.

A). Determinar las actividades a ejecutar:

1. Identificar los puntos de monitoreo para el cual se utiliza el GPS el cual nos brinda las coordenadas UTM.

2. Monitorear el parámetro de PH, Aceites y grasas, D.Q.O. del efluente de la PTAR Juliaca y también del filtro percolador a los 5 días, 10 días y 15 días respectivamente.

A). Resultados encontrados de los parámetros químicos.

Tabla 3.4 Resultados de los Parámetros Químicos.

Parámetros	Unidad	Efluente de PTAR	Efluente de FP 5 días	Efluente de FP 10 días	Efluente de FP 15 días
pH	Unidad	8.54	8.47	8.45	8.45
Aceites y grasas	mg/L	14.9	12.81	11.63	10.23
D.Q.O.	mgO2/L	503.15	255.82	219.31	198.78

Fuente: Resultados de Análisis de Agua.

3.6.2 Evaluación de las cualidades del parámetro físico del agua residual doméstica de la PTAR Juliaca.

A). Determinar las actividades a ejecutar:

1. Identificar los puntos de monitoreo para el cual se utiliza el GPS el cual nos brinda las coordenadas UTM.
2. Monitorear el parámetro de Temperatura y Sólidos suspendidos totales del efluente de la PTAR Juliaca y también del filtro percolador a los 5 días, 10 días y 15 días respectivamente.

B). Resultados encontrados de los parámetros físicos

Tabla 3.5 Resultados de Parámetros Físicos

Parámetros	Unidad	Efluente de PTAR	Efluente de FP 5 días	Efluente de FP 10 días	Efluente de FP 15 días
Temperatura	T°	10.5	10.7	10.5	10.45
Solidos suspendidos totales	mg/L	413.18	326.27	267.27	262.19

Fuente: Resultados de Análisis de Agua

3.6.3 Evaluación de las cualidades del parámetro biológico del agua residual doméstica de la PTAR Juliaca.

A). Determinar las actividades a ejecutar:

3. Identificar los puntos de monitoreo para el cual se utiliza el GPS el cual nos brinda las coordenadas UTM.
4. Monitorear el parámetro de Coliformes Termotolerantes, Coliformes totales y D.B.O. del efluente de la PTAR Juliaca y también del filtro percolador a los 5 días, 10 días y 15 días respectivamente.

C). Resultados encontrados de los parámetros biológicos

Tabla 3.6 Resultados de Parámetros Biológicos

Parámetros	Unidad	Efluente de PTAR	Efluente de FP 5 días	Efluente de FP 10 días	Efluente de FP 15 días
Coliformes Termotolerantes	NPM/100mL	$9.1 \cdot 10^7$	$2.2 \cdot 10^7$	$1.5 \cdot 10^7$	$1.3 \cdot 10^7$
D.B.O.	mgO ₂ /L	595.58	305.44	268.43	243.82

Fuente: Resultados de Análisis de aguas.

3.6.4 Evaluación de las cantidades de Peso del PET, superficie específica unitaria, forma de elemento filtrante

A). Determinar las actividades a ejecutar:

1. Identificar el tipo de PET que vamos a utilizar para el presente ensayo
2. Seguidamente procedemos a cortar en tiras de 10cm de largo por 3cm de ancho.
3. A continuación, damos forma de espiral entrelazado a estas tiras para un mayor grado de apilación y circulación de aire.
4. Por ultimo pesamos todo el material PET ya en forma de espiral que se va usar en el filtro percolador.

B). características del PET

Absorción de agua en unidades PET

TABLA DE CARACTERÍSTICAS GENERALES DE PET						
Rasgos Habituales	Norma de ensayo			Valores indicativos		
	ISO	NF	Otros	Und	e en	Valor
					mm	obtenido
Abs. de agua en 24h	R62	T51002	DIN 53495	%	2	0.30
Abs. de agua en 8 días	R62	T51002	DIN 53495	%	2	0.50
Abs. max en inmersión 1200h			Interna	%	2	1.75

Fuente: Industrias San Miguel; características del producto botellas PET

Figura 3.14 Tabla de caracterización de absorción del PET
Fuente: Industrias San Miguel.

Tabla 3.7 Caracterización del PET para el ensayo

Características de PET		UNIDAD
Peso de PETr total	Kg	3,125 kg
Superficie especifica unitaria	Centímetros cuadrados	60 cm ²
Forma de elemento filtrante (unidad)	Volumen	18 cm ³

Fuente: Elaboración Propia.

3.6.5. Dimensionamiento del filtro percolador:

- Calculando el área de lecho filtrante:

$$\text{Arena: } A = 2 \pi 0.20 (0.20 + 0.03) = 0.29\text{m}^2$$

$$\text{PET: } A = 2 \pi 0.20 (0.20 + 0.62) = 1.03\text{m}^2$$

$$\text{Área total de lecho filtrante} = 1.32\text{m}^2$$

- Carga hidráulica:

Tabla 3.8 Carga hidráulica del filtro percolador

N°	volumen	Tiempo segundos
1	1 litro	23.45
2	1 litro	21.78
3	1 litro	20.87
4	1 litro	19.33
5	1 litro	20.09
	Promedio	21.10

Fuente: Toma de datos insitu en el filtro percolador

$$\text{Caudal} = 0.001 / 21.10 = 0.00005 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{caudal} = 4.32 \text{ m}^3 / \text{día}$$

$$\text{Caudal 6h} = 1.08\text{m}^3 / \text{dia.}$$

3.7. Aspectos éticos:

Está presente investigación se lleva delante de acuerdo a las normativas vigentes establecidos por la Universidad Cesar Vallejo. El realizador de esta investigación está comprometido a proteger la propiedad intelectual para el cual se citó adecuadamente a demás autores en esta investigación para que este trabajo tenga mayor confiabilidad para obtener una investigación autentica con resultados fidedignos.

IV. RESULTADOS.

Seguidamente mostraremos los resultados las cuales se darán por medio de una perspectiva cuantitativa de acuerdo a los objetivos planteados.

Los parámetros que se tomaron en cuenta para la identificación de efluentes de agua residual son los que nos dan el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM (fig 2.4). Inmediatamente organizamos todos los datos de campo que obtuvimos mediante análisis de agua en laboratorio para la interpretación correspondiente.

4.1. Conocer las particularidades del agua residual doméstica en la PTAR Juliaca: se efectuó mediante la toma de muestras de manera directa del efluente para conocer estos valores se realizó ensayos en laboratorio con los parámetros exigidos para muestreo por el D.S. N°003-2010 - MINAM. Los cuales se muestran a continuación.

Parámetros físicos:

Tabla 4.1 Parámetros físicos PTAR Juliaca

N	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA	L.M.P
1	Temperatura	°C	10.5	<35
2	Solidos suspendidos totales	mL/L	413.18	150

Fuente: resultados de análisis de agua (19 mayo, 2021)

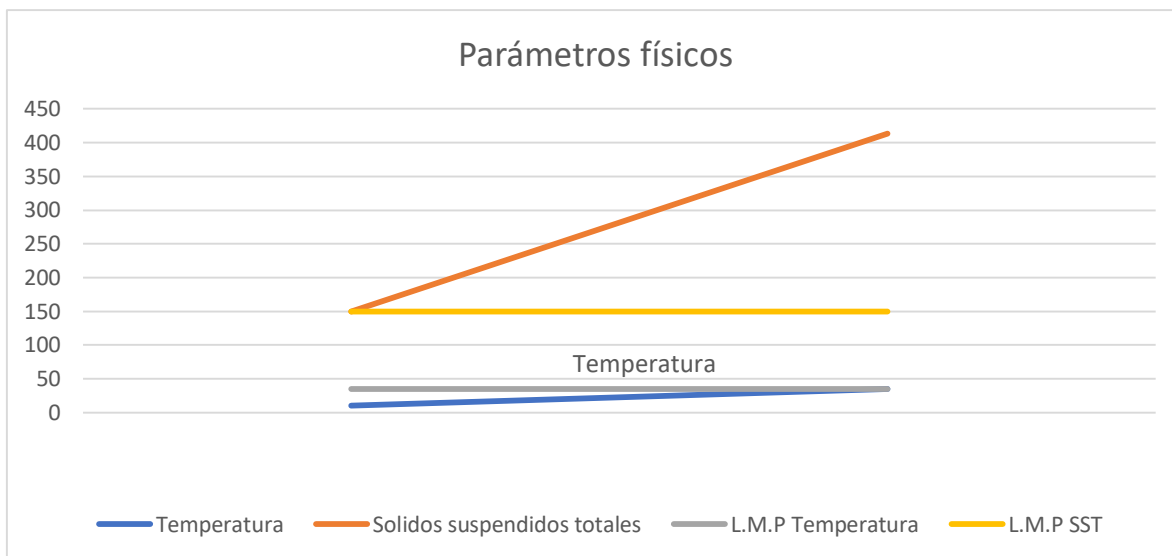


Figura 4.1 Parámetros físicos PTAR Juliaca
Fuente: Resultados de análisis de agua 19 de mayo 2021

INTERPRETACIÓN:

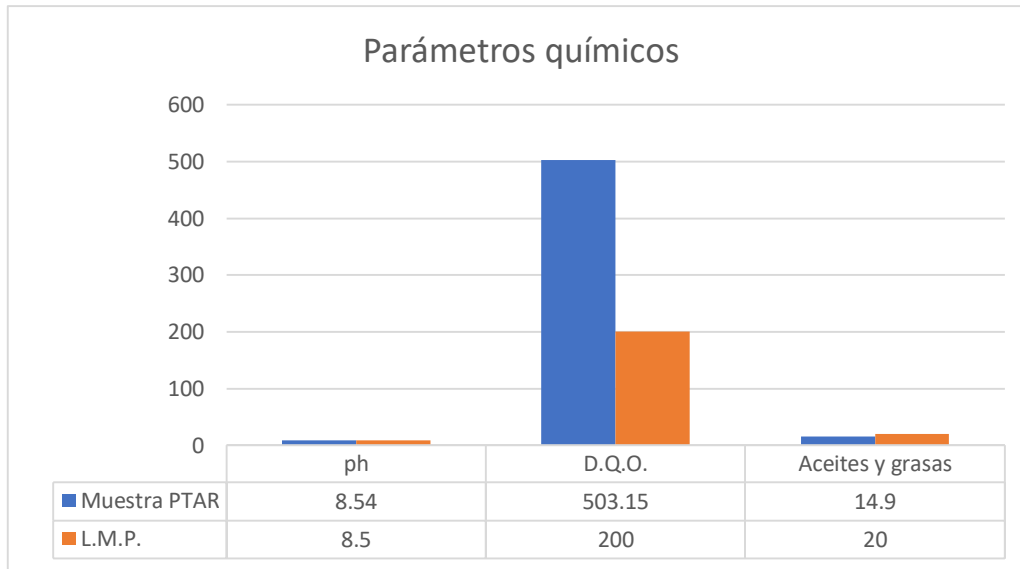
En la tabla 4.1 se observa que en el parámetro de temperatura si se cumple con los valores de L.M.P. porque no excede lo normado. En el parámetro de Solidos suspendidos totales si se exceden por tanto no cumple con los L.M.P. como se puede visualizar en la figura 4.1.

Parámetros químicos PTAR Juliaca

Tabla 4.2 Parámetros químicos

N	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA	L.M.P
1	pH	Unidad pH	8.54	6.5 – 8.5
2	D.Q.O.	mg/L	503.15	200
3	Aceites y grasas	mg/L	14.9	20

Fuente: resultados de análisis de agua (19 mayo, 2021)



*Figura 4.2 Parámetros Químicos PTAR Juliaca
Fuente: Resultados de análisis de agua 19 de mayo 2021*

INTERPRETACIÓN:

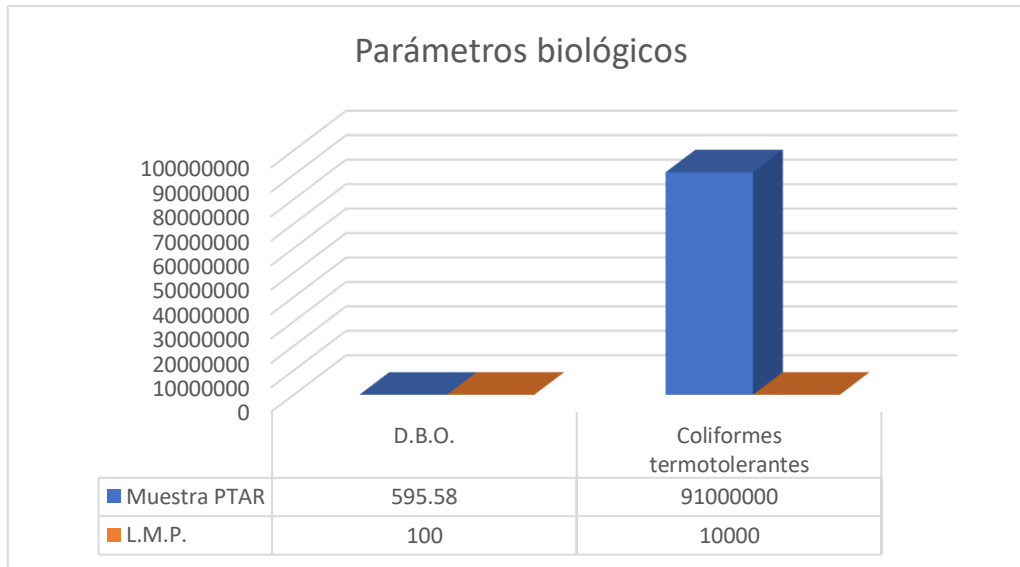
En la tabla 4.2 parámetros químicos observamos que en el parámetro de pH en la muestra directa se obtiene un valor de 8.54 el cual excede los L.M.P, en el siguiente ítem D.Q.O. también se excede lo exigido por la normativa, en el indicador de aceites y grasas si se cumple con la normativa porque no se sobrepasa lo que indica la normativa. Todos estos resultados también lo podemos observar en la figura 4.2.

Parámetros biológicos:

Tabla 4.3 Parámetros Biológicos PTAR Juliaca

N	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA	L.M.P.
1	D.B.O.	mg/L	595.58	100
2	Coliformes termotolerantes	NPM/100mL	9.1*10 ⁷	10 000

Fuente: resultados de análisis de agua (19 mayo, 2021)



*Figura 4.3 Parámetros biológicos PTAR Juliaca
Fuente: Resultados de análisis de agua 19 de mayo 2021*

INTERPRETACIÓN:

En la tabla 4.3 de parámetros biológicos en el indicador de D.B.O. sobrepasa lo permitido por la normativa, en el otro parámetro de Coliformes Termotolerantes de igual manera se sobrepasa lo permitido por la normativa como también lo visualizamos en la figura 4.3.

Prueba de la primera hipótesis:

- *“Las propiedades existentes del agua residual domestica de la Provincia de San Román establecido a través de experimentación biológico, físico y químico exceden los límites máximos permisibles permitidos.”*
- Las propiedades existentes del agua residual domestica de la Provincia de San Román establecido a través de experimentación biológico, físico y químico si exceden los límites máximos permisibles permitidos salvo en los parámetros de Temperatura y Aceites y grasas los cuales si cumplen con la normativa. Por tanto esta hipótesis es una **Hipótesis Alterna**.

Tabla 4.4 Resumen de características existentes del agua residual de la PTAR Juliaca

Parámetros Físicos	Unidad	Muestra PTAR	L-M-P	Excede Si/No
Temperatura	°C	10.5	<35	No
Solidos suspendidos totales	mL/L	413.18	150	Si
Parámetros químicos				
pH	Unidad pH	8.54	6.5 – 8.5	Si
D.Q.O.	mg/L	503.15	200	Si
Aceites y grasas	mg/L	14.9	20	No
Parámetros biológicos				
D.B.O	mgO ₂ /L	595.58	100	Si
Coliformes termotolerantes	NPM/100mL	9.1*10 ⁷	10 000	Si

Fuente: resultados de análisis de agua (19 mayo, 2021)

4.2. Establecer la eficacia de remoción: se efectuó mediante la toma de muestras de manera directa del efluente del filtro previamente filtrada para conocer estos valores se realizó ensayos en laboratorio con los parámetros exigidos para muestreo por el D.S. N°003-2010 – MINAM. Mostradas a continuación:

Remoción de DBO

Tabla 4.5 Remoción de DBO con el filtro

N	PARÁMETRO	UND.	MUESTRA A PTAR	5 DÍAS	10 DÍAS	15 DÍAS	L.M.P.
1	D.B.O.	mgO ₂ /L	595.58	305.44	268.43	243.82	100
	Remoción	%		48.71	54.93	59.06	
	% Exced.	%	495.58	205.44	168.43	143.82	NO

Fuente: resultados de análisis de agua

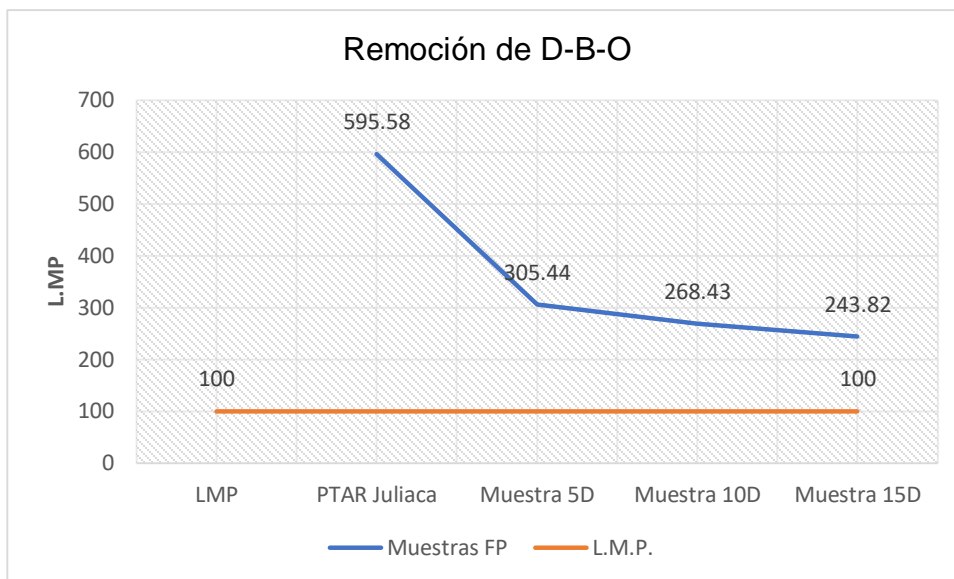


Figura 4.4 Cuadro estadístico remoción de D-B-O

Fuente: resultados de análisis de agua

INTERPRETACIÓN:

De la tabla 4.5 y figura 4.4 en el indicador de D-B-O el L.M.P según la norma son de 100 mgO₂/L y tomando la muestra de forma directa del efluente de la PTAR obtuvimos un resultado de 595.58 mgO₂/L el cual excede en un 495% de lo permitido. Utilizando el filtro percolador a los 5 días se obtuvo un resultado de 305.44 mgO₂/L lo que significa una remoción del 48.71% con respecto a la muestra n° 1. La siguiente muestra utilizando el filtro a los 10 días se obtuvo un resultado de 268.43 mgO₂/L el cual representa una remoción del 54.93% con respecto a la muestra principal. La última muestra utilizando el filtro percolador se tomó a los 15 días el cual nos dio un resultado de 243.82 mgO₂/L el cual representa un 59.06% de remoción con respecto a la muestra tomada directamente del efluente de la PTAR.

En resumen en la muestra del efluente se obtuvo 595.58 mgO₂/L el cual excede en 495.58% y ahora con el uso de filtro percolador se obtuvo una muestra de 243.82 mgO₂/L el cual representa un 59.06% de remoción, pero aun así seguimos excediendo el L.M.P en un 143.82%.

Remoción de DQO

Tabla 4.6 Remoción de DQO

N	PARÁMETRO	UND.	MUESTRA PTAR	5 DÍAS	10 DÍAS	15 DÍAS	L.M.P.
1	D.Q.O.	mgO ₂ /L	503.15	255.82	219.31	198.78	200
	Remoción	%		49.16	56.41	60.5	
	% Exced.	%	151.58	27.91	9.66	-0.61	SI

Fuente: resultados de análisis de agua.

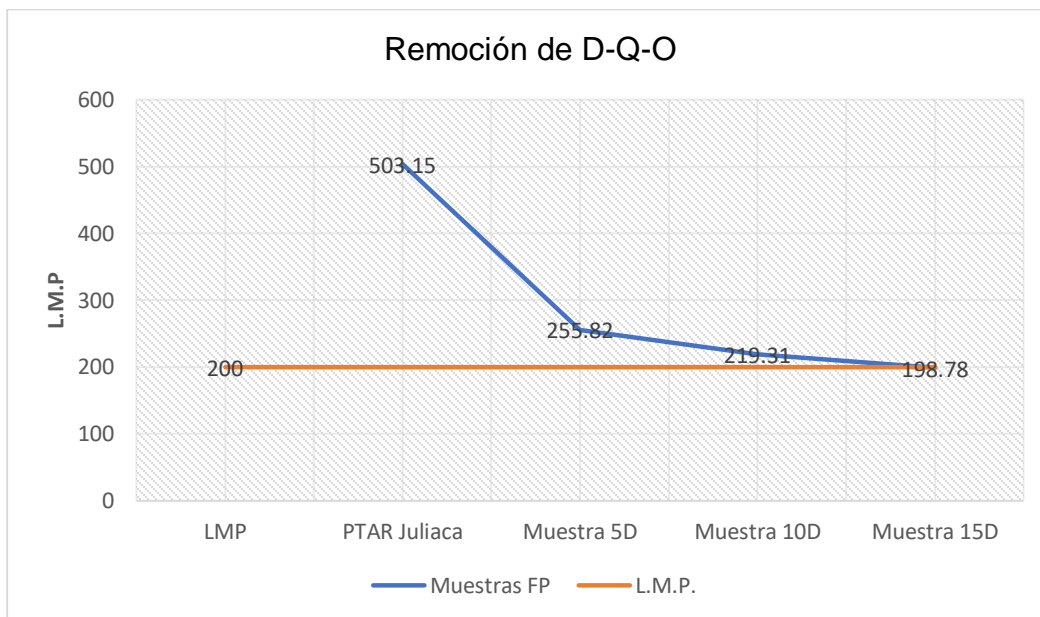


Figura 4.5 Cuadro estadístico remoción de D-B-O

Fuente: resultados de análisis de agua

INTERPRETACIÓN:

De la tabla 4.6 y figura 4.5 en el indicador de D-Q-O el L.M.P según la norma son de 200 mgO₂/L y tomando la muestra de forma directa del efluente de la PTAR obtuvimos un resultado de 503.15 mgO₂/L el cual excede en un 151.58% de lo permitido por la normativa. Utilizando el filtro percolador a los 5 días se obtuvo un

resultado de 255.82 mgO₂/L lo que significa una remoción del 49.16 % con respecto a la muestra n° 1. La siguiente muestra utilizando el filtro a los 10 días se obtuvo un resultado de 219.31 mgO₂/L el cual representa una remoción del 56.41% con respecto a la muestra principal. La última muestra utilizando el filtro percolador se tomó a los 15 días el cual nos dio un resultado de 198.78 mgO₂/L el cual representa un 60.5% de remoción con respecto a la muestra tomada directamente del efluente de la PTAR.

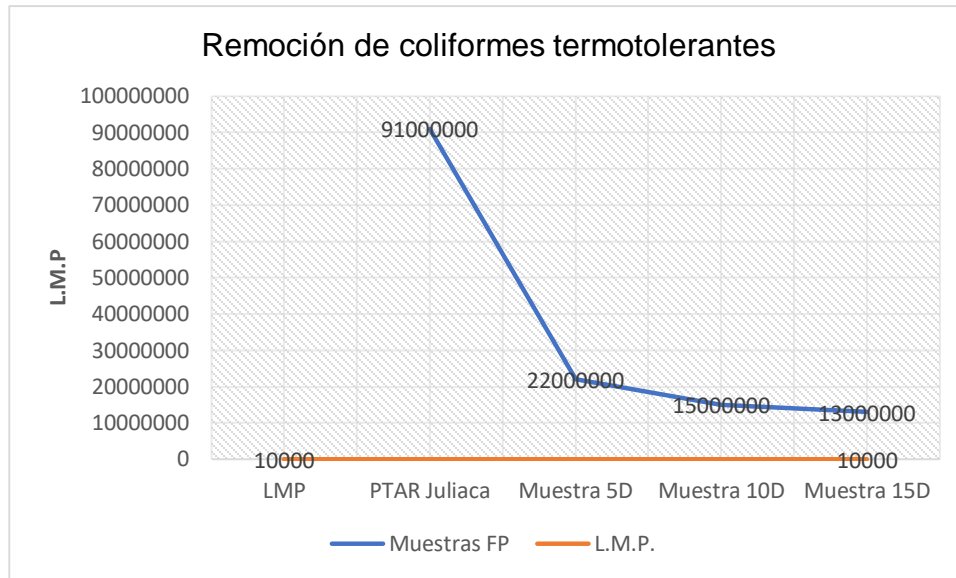
En resumen en la muestra del efluente se obtuvo 503.15 mgO₂/L el cual excede en 151.58% y ahora con el uso de filtro percolador se obtuvo una muestra de 198.78 mgO₂/L el cual representa un 60.5% de remoción, con este resultado si estamos dentro de lo permitido con -0.61% por debajo de la normativa.

Remoción de Coliformes termotolerantes

Tabla 4.7 Remoción de Coliformes termotolerantes

N	PARÁMETRO	UND	M. PTAR	5 DÍAS	10 DÍAS	15 DÍAS	L.M.P.
1	Coliformes termotolerante	NMP/100/m	9.1*10 ⁷	2.2*10 ⁷	1.5*10 ⁷	1.3*10 ⁷	1*10 ⁴
	Remoción	%		75.82	83.52	85.71	
	% Exced.	%	9.1*10 ⁵	2*10 ⁵	1.4*10 ⁴	1.2*10 ⁴	NO

Fuente: resultados de análisis de agua.



*Figura 4.6 Cuadro estadístico remoción de Coliformes termotolerantes
Fuente: resultados de análisis de agua*

INTERPRETACIÓN:

De la tabla 4.7 y figura 4.6 en el indicador de Coliformes termotolerantes el L.M.P según la norma son de $1 \cdot 10^4$ NMP/100/mL y tomando la muestra de forma directa del efluente de la PTAR obtuvimos un resultado de $9.1 \cdot 10^7$ NMP/100/mL el cual excede en un $9.1 \cdot 10^5$ % de lo permitido. Utilizando el filtro percolador a los 5 días se obtuvo un resultado de $2.2 \cdot 10^7$ NMP/100/mL lo que significa una remoción del 75.82 % con respecto a la muestra n° 1. La siguiente muestra utilizando el filtro a los 10 días se obtuvo un resultado de $1.5 \cdot 10^7$ NMP/100/mL el cual representa una remoción del 83.52 % con respecto a la muestra principal. La última muestra utilizando el filtro percolador se tomó a los 15 días el cual nos dio un resultado de $1.3 \cdot 10^7$ NMP/100/mL el cual representa un 85.71% de remoción con respecto a la muestra tomada directamente del efluente de la PTAR.

En resumen en la muestra del efluente se obtuvo $9.1 \cdot 10^7$ NMP/100/mL el cual excede en $9.1 \cdot 10^5$ % y ahora con el uso de filtro percolador se obtuvo una muestra de $1.3 \cdot 10^7$ NMP/100/mL el cual representa un 85.71% de remoción, pero aun así seguimos excediendo el L.M.P en un $1.2 \cdot 10^4$ %.

Remoción de Sólidos totales en suspensión

Tabla 4.8 Remoción de Sólidos totales en suspensión

N	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA A PTAR	5 DÍAS	10 DÍAS	15 DÍAS	L.M.P.
1	S.T.S.	mL/L	413.18	326.27	267.27	262.19	150
	Remoción	%		21.03	35.31	36.54	
	% Exced.	%	175.45	117.51	78.18	74.79	NO

Fuente: resultados de análisis de agua.

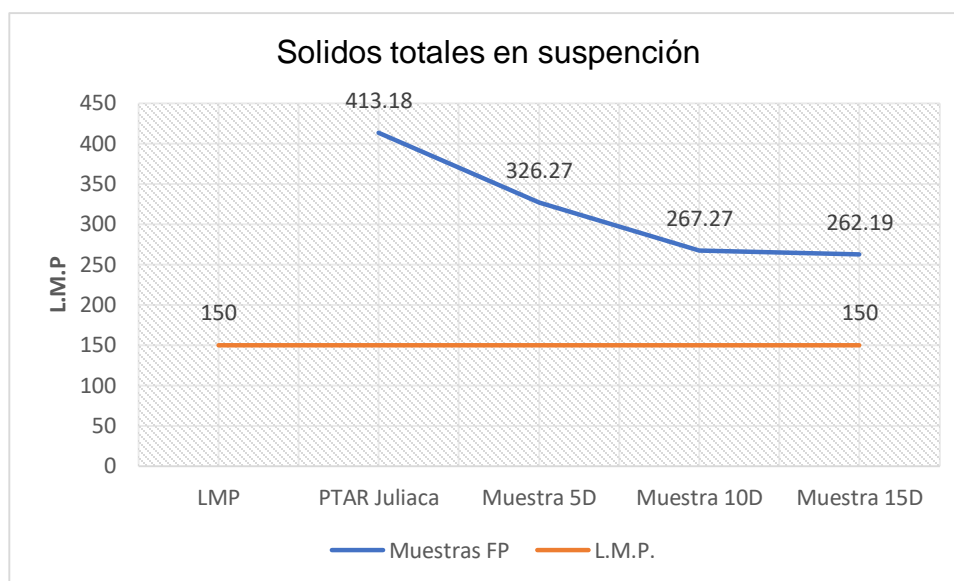


Figura 4.7 Cuadro estadístico remoción de Sólidos totales en suspensión
Fuente: resultados de análisis de agua

INTERPRETACIÓN:

De la tabla 4.8 y figura 4.7 en el indicador de Sólidos totales en suspensión el L.M.P según la norma son de 150mL/L y tomando la muestra de forma directa del efluente de la PTAR obtuvimos un resultado de 413.18mL/L el cual excede en un 175.45 % de lo permitido. Utilizando el filtro percolador a los 5 días se obtuvo un resultado de 326.27mL/L lo que significa una remoción del 21.03 % con respecto a la muestra n° 1. La siguiente muestra utilizando el filtro a los 10 días se obtuvo un resultado de

267.27mL/L el cual representa una remoción del 35.31% con respecto a la muestra principal. La última muestra utilizando el filtro percolador se tomó a los 15 días el cual nos dio un resultado de 262.19mL/L el cual representa un 36.54 % de remoción con respecto a la muestra tomada directamente del efluente de la PTAR.

En resumen en la muestra del efluente se obtuvo 413.18mL/L el cual excede en 175.45 % y ahora con el uso de filtro percolador se obtuvo una muestra de 262.19mL/L el cual representa un 36.54 % de remoción, pero aun así seguimos excediendo el L.M.P en un 74.79 %.

Remoción de pH

Tabla 4.9 Remoción de pH

N	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA A PTAR	5 DÍAS	10 DÍAS	15 DÍAS	L.M.P.
1	pH	unidad	8.54	8.47	8.45	8.45	6.5-8.5
	Remoción	%	100	0.82	1.05	1.05	
	% Exced.	%	0.47	-0.35	-0.59	-0.59	SI

Fuente: resultados de análisis de agua.

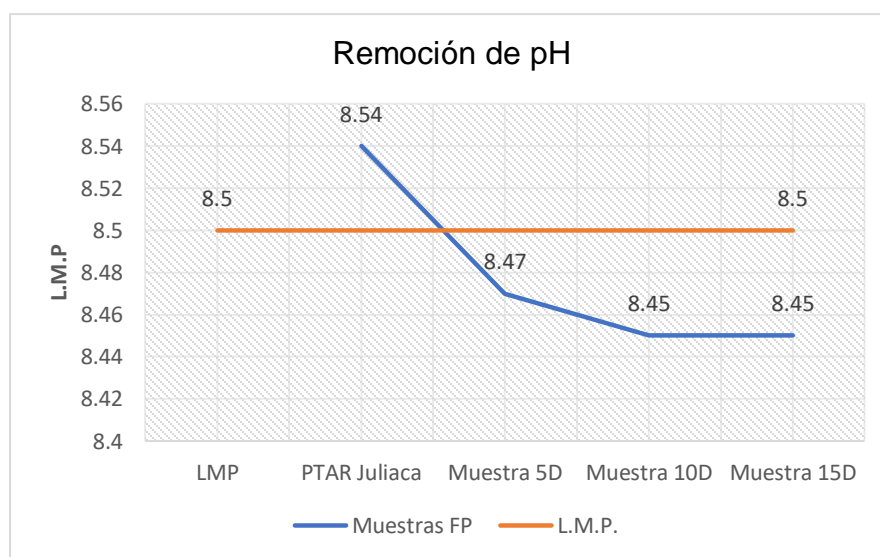


Figura 4.8 Cuadro estadístico remoción de pH
Fuente: resultados de análisis de agua

INTERPRETACIÓN:

De la tabla 4.9 y figura 4.8 en el indicador de Sólidos totales en suspensión el L.M.P según la norma son de 8.5 unidad de pH y tomando la muestra de forma directa del efluente de la PTAR obtuvimos un resultado de 8.54 unidad de pH el cual excede en un 0.47 % de lo permitido. Utilizando el filtro percolador a los 5 días se obtuvo un resultado de 8.47 unidad de pH lo que significa una remoción del 0.82 % con respecto a la muestra n° 1. La siguiente muestra utilizando el filtro a los 10 días se obtuvo un resultado de 8.45 unidad de pH el cual representa una remoción del 1.05% con respecto a la muestra principal. La última muestra utilizando el filtro percolador se tomó a los 15 días el cual nos dio un resultado de 8.45 unidad de pH el cual representa un 1.05 % de remoción con respecto a la muestra tomada directamente del efluente de la PTAR.

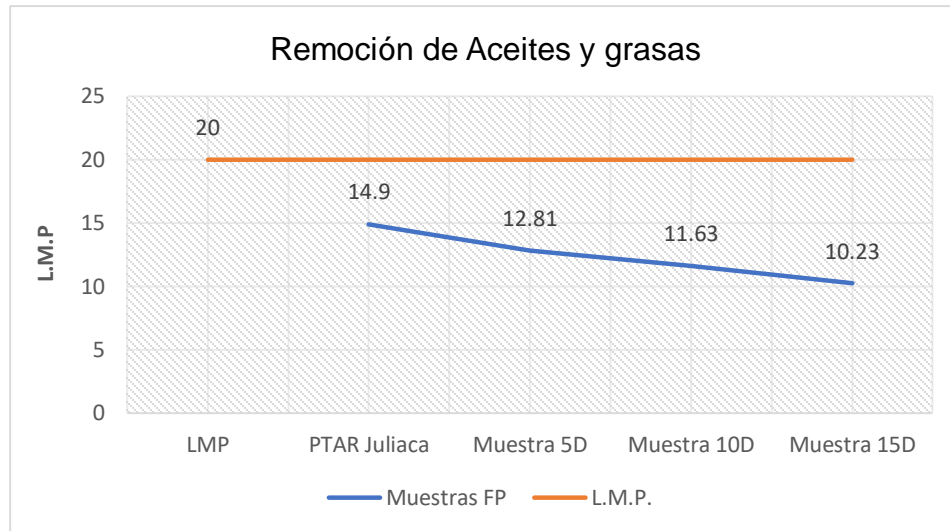
En resumen en la muestra del efluente se obtuvo 8.54 unidad de pH el cual excede en 0.47 % y ahora con el uso de filtro percolador se obtuvo una muestra de 8.45 unidad de pH el cual representa un 1.05 % de remoción, con este resultado si estamos dentro de lo permitido con -0.59 % por debajo de la normativa.

Remoción de aceites y grasas

Tabla 4.10 Remoción de Aceites y grasas

N	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA PTAR	5 DÍAS	10 DÍAS	15 DÍAS	L.M.P.
1	Aceites y grasas	mg/L	14.9	12.81	11.63	10.23	20
	Remoción	%	100	14.03	21.95	31.34	
	% Exced.	%	-25.50	-35.95	-41.85	-48.85	SI

Fuente: resultados de análisis de agua.



*Figura 4.9 Cuadro estadístico remoción de Aceites y grasas
Fuente: resultados de análisis de agua*

INTERPRETACIÓN:

De la tabla 4.10 y figura 4.9 en el indicador de Aceites y grasas el L.M.P según la norma son de 20 mg/L y tomando la muestra de forma directa del efluente de la PTAR obtuvimos un resultado de 14.9 mg/L el cual está dentro de la normativa en un -25.50% de lo permitido. Utilizando el filtro percolador a los 5 días se obtuvo un resultado de 12.81 mg/L lo que significa una remoción del 14.02 % con respecto a la muestra n° 1. La siguiente muestra utilizando el filtro a los 10 días se obtuvo un resultado de 11.63 mg/L el cual representa una remoción del 21.95 % con respecto a la muestra principal. La última muestra utilizando el filtro percolador se tomó a los 15 días el cual nos dio un resultado de 10.23 mg/L el cual representa un 31.34 % de remoción con respecto a la muestra tomada directamente del efluente de la PTAR.

En resumen en la muestra del efluente se obtuvo 14.9 mg/L el cual está dentro de la normativa en un -25.50% por debajo de lo permitido y ahora con el uso de filtro percolador se obtuvo una muestra de 10.23 mg/L el cual representa un 31.34 % de remoción, con este resultado si estamos dentro de lo permitido con -48.85 % por debajo de la normativa.

Prueba de la segunda hipótesis:

- “La eficacia será mayor a 50% en la remoción de la DBO, DQO, Coliformes termotolerantes, SST, pH con el filtro percolador.”
- La eficacia es mayor a 50% en la remoción de la DBO, DQO, Coliformes Termotolerantes, más no en sólidos totales en suspensión y pH del filtro percolador. Por tanto esta hipótesis es una **Hipótesis Alternativa**.

Tabla 4.11 Resumen de eficacia de remoción

Parámetros	Unidad	Muestra PTAR	Muestra filtro	L-M-P	% de remoción	50%
D.B.O.	mgO ₂ /L	595.58	243.82	100	59.06	Si
D.Q.O.	mgO ₂ /L	503.15	198.78	200	60.5	Si
Coliformes termotolerantes	NMP/100/mL	9.1*10 ⁷	1.3*10 ⁷	10000	85.71	Si
S.T.S.	mL/L	413.18	262.19	150	36.54	No
pH	unidad	8.54	8.45	6.5 – 8.5	1.05	No
Aceites y grasas	mg/L	14.9	10.23	20	31.34	No

Fuente: resultados de análisis de agua

4.3. Cualidades del material PETr como elemento de filtro: las cualidades que tomamos para este estudio lo tomaremos de la ficha técnica de productos PET de la empresa San Miguel Industrias PET S.A. en el que se muestra que el porcentaje de absorción de agua de materiales PET es de 0.30% a las 24 horas y un 0.50% de absorción a las 8 días

Tabla 4.12 Absorción de agua del PET

TABLA DE CARACTERÍSTICAS GENERALES DE PET					
Rasgos Habituales	Norma de ensayo			Valores indicativos	
	ISO	Otros	Und	e en mm	Valor obtenido
Abs. de agua en 24h	R62	DIN 53495	%	2	0.30
Abs. de agua en 8 días	R62	DIN 53495	%	2	0.50
Abs. max en inmersión 1200h		Interna	%	2	1.75

Fuente: ficha técnica de productos PET de la empresa San Miguel Industrias PET S.A.

Peso del PETr: el peso del plástico PETr para el funcionamiento del filtro se utilizó un total de 3.15 kilogramos. Los cuales se utilizaron como lecho filtrante. (fig. 3.4)

Superficie específica unitaria: esta superficie se calcula con las tiras ya cortadas de los plásticos PETr las cuales tienen una medida de 3cm de ancho por 10 cm de largo. $(3\text{cm} \times 10\text{cm}) \times 2\text{cm} = 60 \text{ cm}^2$ (fig. 3.2)

Forma de elemento filtrante: Damos forma a las tiras en forma de cubos de 3cm x 3cm x 2cm que nos permitirá una mayor oxigenación en la parte inferior del filtro para una adecuada digestión de elementos biológicos. $3\text{cm} \times 3\text{cm} \times 2\text{cm} = 18 \text{ cm}^3$ (fig. 3.3)

Tabla 4.13 Resumen de caracterización del PET para el ensayo

Características de	UNIDAD	
PET		
Peso de PETr total	Kg	3,125 kg
Superficie específica unitaria	Cm2	60 cm ²
Forma de elemento filtrante (unidad)	Cm3	18 cm ³

Fuente: ficha de recolección de datos.

Prueba de la tercera hipótesis:

- “El PETr empleado como elemento de filtro en la provincia de San Román elimina los contaminantes que aparecen en el agua residual doméstica, a causa de las propiedades y particularidades físicas.”
- El PETr empleado como elemento de filtro en la provincia de San Román si elimina los contaminantes que aparecen en el agua residual doméstica en un promedio de 45.7 %, debido a sus propiedades y particularidades físicas. Por tanto esta hipótesis es una **Hipótesis Afirmativa**

Tabla 4.14 Resumen de remoción de contaminantes.

Parámetros	Muestra PTAR	Muestra filtro	L-M-P	% de remoción
D.B.O.	595.58	243.82	100	59.06
D.Q.O.	503.15	198.78	200	60.5
Coliformes termotolerantes	$9.1 \cdot 10^7$	$1.3 \cdot 10^7$	10000	85.71
S.T.S.	413.18	262.19	150	36.54
pH	8.54	8.45	6.5 – 8.5	1.05
Aceites y grasas	14.9	10.23	20	31.34
Promedio				45.7

Fuente: resultados de análisis de agua

Prueba de la hipótesis general:

- El filtro percolador piloto con PETr actúa convenientemente en la eliminación de contaminantes del agua residual doméstica – San Román, Puno.
- El filtro percolador piloto con PETr si actúa convenientemente en la eliminación de contaminantes del agua residual doméstica – San Román, Puno. . Por tanto esta hipótesis es una **Hipótesis Afirmativa**

V. DISCUSIÓN

Continuando presentamos la discusión de nuestros resultados obtenidos de acuerdo a nuestros objetivos planteados:

DISCUSIÓN 1: del **primer objetivo** específico características del agua residual doméstica en PTAR Juliaca; para llegar a estos resultados tomamos muestras directamente del efluente de la PTAR para conocer estas características y hacer una comparativa con los L.M.P para conocer el funcionamiento de esta planta de tratamiento. Referente a Núñez Figueroa, (2019) citado como antecedente nacional obtuvo los siguientes resultados en los parámetros físicos; solidos suspendidos totales =120mL/L lo que nos indica que está dentro de la normativa vigente de los L.M.P porque según esta normativa no se debe exceder los 150 mL/L. en los parámetros químicos obtuvo los siguientes resultados: D.Q.O. = 446.30 mg/L el cual nos indica que en este parámetro se excede en L.M.P de la normativa debiendo ser no mayor a los 200 mg/L. en este punto se asemeja a nuestros resultados encontrados en nuestro estudio. En el siguiente parámetro químico de aceites y grasas se obtuvo un resultado de AG = 12 el cual nos indica que en este parámetro está dentro de la normativa. Porque lo permitido es de 20 mg/L. en este punto se asemeja a nuestros resultados encontrados en nuestro estudio. En el parámetro biológico de D.B.O en esta investigación se obtuvo un resultado de 202.50 mg/L. el cual nos indica que en este parámetro biológico está por encima de la norma. Porque lo permitido es 200 mg/L. En cuanto a nuestro resultados se obtuvieron los siguientes resultados que se han obtenido de los parámetros físicos (temperatura, SST) las cuales fueron obtenidos directamente del efluente de la PTAR Juliaca, nos muestra que en el parámetro de temperatura si se cumple con la normativa vigente la cual es del DS N° 003 MINAM porque lo exigido por esta normativa peruana es de <35 °C y en la muestra se obtiene un resultado de laboratorio de calidad de aguas un 10.5 °C el cual nos indica que en ese parámetro la PTAR Juliaca si está dentro de lo que nos exige la normativa por estar por debajo de lo permitido. En el siguiente parámetro físico el que es de Solidos Suspendidos Totales según la normativa vigente del Perú nos indica que este no debe pasar los 150 mL/L y al

hacer el respectivo análisis de calidad de aguas de esta PTAR no se cumple con la normativa, porque lo obtenido de los resultados de los análisis de control de calidad del agua nos da un resultado de 413.18 mL/L y esto nos indica que en este parámetro físico de sólidos suspendidos totales en la PTAR Juliaca se excede en comparación por lo aceptado con la normativa. En los parámetros químicos (pH, D.Q.O, Aceites y grasas) las cuales fueron obtenidos directamente del efluente de la PTAR Juliaca, nos muestra que en el parámetro de Aceites y grasas si se cumple con la normativa vigente de los L.M.P porque lo exigido por esta normativa peruana es de 20 mg/L y en la muestra se obtiene un resultado de laboratorio de calidad de aguas un 14.9 mg/L el cual nos indica que en ese parámetro en la PTAR Juliaca si está dentro de lo que nos exige la normativa por estar por debajo de lo permitido. En el siguiente parámetro químico el que es de pH según la normativa vigente del Perú nos indica que este no debe pasar los 8.50 a 6.5 Und pH y al hacer el respectivo análisis de calidad de aguas de esta PTAR no se cumple con la normativa, porque lo obtenido de los resultados de los análisis de control de calidad del agua nos da un resultado de 8.54 Und pH y esto nos indica que en este parámetro químico de pH en la PTAR Juliaca se excede en comparación por lo aceptado con la normativa. En el siguiente parámetro químico el que es el D.Q.O según la normativa vigente del Perú nos indica que este no debe pasar los 200 mg/L y al hacer el respectivo análisis de calidad de aguas de esta PTAR no se cumple con la normativa, porque lo obtenido de los resultados de los análisis de control de calidad del agua nos da un resultado de 503.15 mg/L y esto nos indica que en este parámetro químico de D.Q.O en la PTAR Juliaca se excede en comparación por lo aceptado con la normativa. En los parámetros biológicos (D.B.O, Coliformes termotolerantes) las cuales fueron obtenidos directamente del efluente de la PTAR Juliaca, nos muestra que en el parámetro biológico de D.B.O según la normativa vigente del Perú nos indica que este no debe pasar los 100 mg/L y al hacer el respectivo análisis de calidad de aguas de esta PTAR no se cumple con la normativa, porque lo obtenido de los resultados de los análisis de control de calidad del agua nos da un resultado de 595.58 mg/L y esto nos indica que en este parámetro biológico de D.B.O en la PTAR Juliaca se excede en comparación por lo

aceptado con la normativa. En el siguiente parámetro biológico el que es de Coliformes termotolerantes según la normativa vigente del Perú nos indica que este no debe pasar los 10,000 NPM/100mL y al hacer el respectivo análisis de calidad de aguas de esta PTAR no se cumple con la normativa, porque lo obtenido de los resultados de los análisis de control de calidad del agua nos da un resultado de $9.1 \cdot 10^7$ NPM/100mL y esto nos indica que en este parámetro biológico de Coliformes termotolerantes en la PTAR Juliaca se excede en comparación por lo aceptado con la normativa. En comparación con nuestros resultados los resultados hallados por Núñez Figueroa, 2019 D.Q.O. = 446.30 mg/L el cual nos indica que en este parámetro se excede en L.M.P de la normativa debiendo ser no mayor a los 200 mg/L. en este punto se asemeja a nuestros resultados encontrados en nuestro estudio ya que en nuestro resultado también se excede lo L.M.P. En el siguiente parámetro químico de aceites y grasas se obtuvo un resultado de AG = 12 el cual nos indica que en este parámetro está dentro de la normativa. Porque lo permitido es de 20 mg/L. en este punto se asemeja a nuestros resultados encontrados en nuestro estudio porque lo hallado por nosotros también está dentro de la normativa con 14.9 mg/L. Estos resultados son casi similares a los hallados con nuestra investigación. En consecuencia el OE1 es alcanzado

DISCUSIÓN 2: del **segundo objetivo** Establecer la eficacia de remoción se efectuó mediante la toma de muestras de manera directa del efluente del filtro previamente filtrada para conocer estos valores se realizó ensayos en laboratorio con los parámetros exigidos para muestreo por el D.S. N°003-2010 MINAM. Referente a Rehman, Ayub, Naz, Perveen, & Ahmed, 2020, citado como antecedente internacional. En su artículo científico obtuvieron los siguientes resultados a los 15 días de uso del filtro percolador en el parámetro de sólidos totales en suspensión el porcentaje de remoción en esta investigación fue de 34% esto a los 15 días de uso. En el siguiente parámetro que es el de pH en esta investigación se obtuvo un porcentaje de remoción del 66.6 % esto a los 15 de uso del filtro percolador. De la misma manera otro estudio que encontramos es el de Dąbrowski & Karolinczak, 2019 también es citado como antecedente internacional en su estudio que realizó obtuvo los siguientes resultados que damos a conocer a continuación. En el ítem de

D.B.O los autores obtuvieron un porcentaje de remocion del 76 %, en el siguiente parametro que obtuvieron un resultado fue en el D.Q.O en el que obtuvieron un resultado de 80% en la remocion de este parametro. En cuanto a nuestros resultados hallados fueron a los 15 dias de uso del FP y obtuvieron los siguientes resultados que se han obtenido de los parámetros físicos (temperatura, SST) las cuales fueron obtenidos directamente del efluente de la PTAR Juliaca y otra que sale del filtro percolador a los 15 días y, nos muestra que en el parámetro de temperatura si se cumple con la normativa vigente la cual es del DS N° 003 MINAM porque lo exigido por esta normativa peruana es de $<35\text{ }^{\circ}\text{C}$ y en la muestra se obtiene un resultado de laboratorio de calidad de aguas un $10.23\text{ }^{\circ}\text{C}$ el cual nos indica un porcentaje de remoción del 31.34 % y en ese parámetro la PTAR Juliaca si está dentro de lo que nos exige la normativa por estar por debajo de lo permitido. En el siguiente parámetro físico el que es de Solidos Suspendidos Totales según la normativa vigente del Perú nos indica que este no debe pasar los 150 mL/L y al hacer el respectivo análisis de calidad de aguas de esta PTAR no se cumple con la normativa, porque lo obtenido de los resultados de los análisis de control de calidad del agua nos da un resultado de 413.18 mL/L y esto nos indica que en este parámetro en la PTAR Juliaca se excede en comparación por lo aceptado con la normativa; con el uso del filtro percolador se obtiene una remoción del 36.54 % y ahora se tiene 262.19 mL/L aun así no estamos dentro de la normativa. En los parámetros químicos (pH, D.Q.O, Aceites y grasas) las cuales fueron obtenidos directamente del efluente de la PTAR Juliaca y otra del filtro percolador, nos muestra que en el parámetro de Aceites y grasas si se cumple con la normativa vigente de los L.M.P porque lo exigido por esta normativa peruana es de 20 mg/L y en la muestra se obtiene un resultado de laboratorio de calidad de aguas un 14.9 mg/L el cual nos indica que en ese parámetro en la PTAR Juliaca si está dentro de lo que nos exige la normativa; con el uso del filtro percolador a los 15 días se obtiene una remoción del 31.34 % y ahora se tiene 10.23 mg/L con este resultado seguimos dentro de la normativa. En el siguiente parámetro químico el pH según la normativa vigente del Perú nos indica que este no debe pasar los 8.50 a 6.5 Und pH y al hacer el respectivo análisis de calidad de aguas de esta PTAR se obtiene un resultado de

8.54 Und pH y esto nos indica que en este parámetro químico de pH en la PTAR Juliaca se excede en comparación por lo aceptado con la normativa; con el uso del filtro percolador se obtiene una remoción del 1.05 % y ahora se tiene 8.45 Und pH con este resultado estamos dentro de lo permitido por la normativa. En el siguiente parámetro químico el que es el D.Q.O según la normativa vigente del Perú nos indica que este no debe pasar los 200 mg/L y al hacer el respectivo análisis de calidad de aguas de esta PTAR no se cumple con la normativa, porque lo obtenido de los resultados de los análisis de control de calidad del agua nos da un resultado de 503.15 mg/L y esto nos indica que en este parámetro químico de D.Q.O en la PTAR Juliaca se excede en comparación por lo aceptado con la normativa ; con el uso del filtro percolador se obtiene una remoción del 60.5 % y ahora se tiene 198.78 mg/L con este resultado estamos dentro de la normativa. En los parámetros biológicos (D.B.O, Coliformes termotolerantes) las cuales fueron obtenidos directamente del efluente de la PTAR Juliaca y otra del filtro percolador a los 5, 10 y 15 días, nos muestra que en el parámetro biológico de D.B.O según la normativa vigente del Perú nos indica que este no debe pasar los 100 mg/L y al hacer el respectivo análisis de calidad de aguas de esta PTAR no se cumple con la normativa, porque lo obtenido de los resultados de los análisis de control de calidad del agua nos da un resultado de 595.58 mg/L con el uso del filtro percolador se obtiene una remoción del 59.06 % y ahora se tiene 243.82 mg/L con este resultado estamos por encima de la normativa En el siguiente parámetro biológico el que es de Coliformes termotolerantes según la normativa vigente del Perú nos indica que este no debe pasar los 10,000 NPM/100mL y al hacer el respectivo análisis de calidad de aguas de esta PTAR nos da un resultado de $9.1 \cdot 10^7$ NPM/100mL y esto nos indica que en este parámetro biológico de Coliformes termotolerantes en la PTAR Juliaca se excede en comparación por lo aceptado con la normativa; con el uso del filtro percolador se obtiene una remoción del 85.71 % y ahora se tiene $1.3 \cdot 10^7$ NPM/100mL con este resultado estamos por encima de lo exigido por la normativa. En comparación con nuestros resultados referente a Rehman, Ayub, Naz, Perveen, & Ahmed, (2020): en remoción de solidos totales en suspensión de 34% de remoción y en nuestro caso 36.54 %, en remoción de pH 66.6%, para

nuestro caso 1.05 %. De la misma forma Dąbrowski & Karolinczak, (2019) obtuvo los siguientes resultados: DBO5 = 76%, DQO = 80%. Y en nuestro caso DBO = 59.06 y DQO = 60.05%. Estos resultados son casi similares a los hallados con nuestra investigación. En consecuencia el OE2 es alcanzado.

DISCUSIÓN 3: del **tercer objetivo:** Cualidades del material PETr como material filtrante: el porcentaje de absorción de agua en el material PET determinado por el ensayo DIN 53495 determinación de absorción de agua para plásticos PET nos da como resultado que la absorción de agua a las 24 horas es de 0.3%, a los 8 días es de 0.5% y sumergido a las 1200 horas o 50 días se tiene una absorción del 1.75 % todo esto para plásticos PET con un espesor de 2 a 3mm. Estos datos fueron tomados de las fichas técnicas de productos PET de la empresa San Miguel Industrias PET S.A. por otro lado la cantidad de PETr que se utilizó para realizar la experimentación en el filtro percolador fue de 3.125 kg, la superficie específica unitaria fue de 60 cm² por cada tira que se utilizó. La forma unitaria del elemento filtrante de plástico PET fue de 18 cm³ de cada uno de los elementos filtrantes. Con el uso del PETr como lecho filtrante en el FP en la PTAR Juliaca se alcanzó un 45.7 % en promedio en la remoción de los parámetros físico, químicos y biológicos; lo cual cumple con lo propuesto por esta investigación al usar plásticos PET para bajar los contaminantes de la PTAR Juliaca por tanto el OE 3 es alcanzado.

VI. CONCLUSIONES

Continuando presentamos las conclusiones obtenidos de acuerdo a nuestros objetivos:

El porcentaje de absorción de agua en el material PET reciclado determinado por el ensayo DIN 53495 “determinación de absorción de agua para plásticos PET”; nos da como resultado que la absorción de agua a las 24 horas es de 0.3%, a los 8 días es de 0.5% y sumergido a los 50 días se tiene una absorción del 1.75 %. La cantidad de PETr que se uso fue de 3.125 kg, la superficie específica unitaria fue de 60 cm² y la forma unitaria del elemento filtrante fue de 18 cm³. Con el uso del PETr como lecho filtrante se alcanzó un 45.7 % en promedio en la remoción de los parámetros físico, químicos y biológicos del agua residual doméstico en la PTAR Juliaca.

CONCLUSIÓN 1: las características del agua residual doméstica de la PTAR Juliaca se efectuaron mediante la toma de muestras de manera directa del efluente. El cual nos indica que en el parámetro físico: la temperatura cumple el L.M.P con 10.5 °C; en solidos suspendidos totales se obtuvo 413.18 mL/L el cual no cumple con la normativa. En los parámetros químicos: pH = 8.54 und., D.Q.O = 503.15 mg/L; no cumplen con la normativa, salvo en aceites y grasas = 14.9 que si cumple. En los parámetros biológicos: D.B.O = 595.58 mg/L y Coliformes termotolerantes = $9.1 \cdot 10^7$ NPM/100mL; no cumplen con los L.M.P.

CONCLUSIÓN 2: para establecer la eficacia de remoción se efectuó mediante la toma de muestras de manera directa del efluente del filtro y se obtuvieron los siguientes porcentajes de remoción: D.B.O = 59.06 % aun así se sigue excediendo en un 143.82 %; D.Q.O = 60.5 % si se llega a los L.M.P; Coliformes termotolerantes = 85.71% aun así se sigue excediendo lo permitido; Solidos totales en suspensión = 36.54 % con esto estamos por encima de lo permitido; pH = 1.05 % estamos por debajo de lo permitido; aceite y grasas = 31.34 % estamos dentro de la normativa de los L.M.P.

CONCLUSIÓN 3: el porcentaje de absorción de agua en el material PET determinado por el ensayo DIN 53495 “determinación de absorción de agua para plásticos PET”; nos da como resultado que la absorción de agua a las 24 horas es de 0.3%, a los 8 días es de 0.5% y sumergido a las 1200 horas o 50 días se tiene una absorción del 1.75 %. La cantidad de PETr que se utilizo fue de 3.125 kg, la superficie específica unitaria fue de 60 cm² y la forma unitaria del elemento filtrante fue de 18 cm³. Con el uso del PETr como lecho filtrante se alcanzó un 45.7 % en promedio en la remoción de los parámetros físico, químicos y biológicos del agua residual doméstico en la PTAR Juliaca.

VII. RECOMENDACIONES

RECOMENDACIÓN 1: Los tratamientos del agua residual en forma lagunar de la PTAR Juliaca tiene imperfecciones en el tratamiento por lo que no se llega a los L.M.P esto ocurre por muchas causas una de ellas es por el clima frío y seco que tenemos en nuestra región, otra de las causas es por vertimientos de fluidos no domésticos a la red de alcantarilla, falta de mantenimiento de las lagunas. Por tal razón se recomienda probar nuevos métodos experimentales que ayuden a remover los contaminantes que ayuden a llegar a los L.M.P.

RECOMENDACIÓN 2: Por el trabajo sobrecargado de las lagunas en la PTAR Juliaca y el casi nulo mantenimiento, la capacidad del filtro percolador tuvo un 47.5 % de eficiencia en la remoción de contaminantes, a consecuencia de esto se recomienda implementar otro filtro percolador en serie para que el lecho filtrante sea de mayor volumen o tratamientos experimentales más eficaces. También se recomendaría un nuevo diseño de la PTAR que tenga pre tratamiento, tratamiento secundario y tratamiento terciario.

RECOMENDACIÓN 3: Con la finalidad de producir los elementos filtrantes PETr se recomienda elaborar o fabricar un artefacto para que se nos facilite la realización de cortes uniformes de los envases para que nos disminuya el tiempo de elaboración de los mismos, porque al realizarlo de manera manual se necesita mayor número de horas hombre para su fabricación.

REFERENCIAS

- Abuaddous, M., Ta'amneh, M. M., & Rabab'ah, S. R. (11 de November de 2020). The potential use of recycled polyethylene terephthalate (RPET) plastic waste in asphalt binder. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 14(5), 579-587. doi:10.1007 / s42947-020-0120-2
- Adel Elamri, K. Z. (2017, Setember 29). Progress in Polyethylene Terephthalate Recycling. *Centre Pour la Comuniacion Scientifique Directe CCSD*, 1(6), 2-23. doi:978-1-53611-991-6
- Arias Gómez, J., Villasís Keever, M. Á., & Miranda Novales, M. G. (11 de Mayo de 2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Immunology and Allergy*, 63(2), 201-206. doi: <https://doi.org/10.29262/ram.v63i2.181>
- Bauce, J. G., Córdova, M., Avila, & Ana. (2018). Operacionalización de variables. *Revista del Instituto Nacional de Higiene "Rafael Rangel"*, 49(2), 43-50. Recuperado el Marzo de 2021, de <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/05/1096354/operacionalizacion-de-variables.pdf>
- Cabrera, R. (2020). *Ejercicios de biofísica* (Primera ed., Vol. 1). (2. EUDEBA, Ed.) Buenos Aires, Argentina: Editorial Universitaria de Buenos Aires. Recuperado el Marzo de 2021
- Campi Mayorga, I. I., Santos Jiménez, O. C., & De Lucas Coloma, L. A. (Octubre de 2017). MÉTODOS DE ENSEÑANZA DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA DE LOS ESTUDIANTES Y LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DE LA UNIVERSIDAD REGIONAL AUTÓNOMA DE LOS ANDES EXTENSIÓN BABAHOYO ECUADOR 2015. *Revista Científica ECOCIENCIA*, 4(5). Recuperado el Marzo de 2021, de <https://search.proquest.com/scholarly-journals/métodos-de-enseñanza-la-investigación-científica/docview/2025787350/se-2?accountid=37408>
- Canals, L. (2017). Instruments for gathering data. *Published by Research-publishing.net, not-for-profit association*, 5(21), 390-401. doi:<https://doi.org/10.14705/rpnet.2017.emmd2016.637>
- Centeno Mora, E., Rodríguez Cambronero, D., & Ugalde Herra, J. L. (17 de Noviembre de 2017). Evaluación de una planta piloto para el tratamiento de aguas residuales ordinarias por medio de un filtro percolador con relleno de esponjas colgantes de flujo descendente (DHS) como postratamiento de un efluente de sedimentador primario. *Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados, Ingeniero Civil*, 28(1), 60-79. Recuperado el Marzo de 2021
- Chacon, D. (20 de Febrero de 2015). *AGUASRESIDUALES.INFO, Líderes en Información, Formación y Conocimiento para el Sector del Tratamiento del*

Agua. Recuperado el Marzo de 2021, de Aguas Residuales.info:
<https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/analisis-comparativas-y-relaciones-entre-la-dbo-dqo-cot>

- Chavez Vera, I. G. (28 de Marzo de 2017). Diseño e implementación de un sistema de. *Revista Científica Dominio de las Ciencias*, 3(1), 536-560. doi:<https://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.1.mar.536-560>
- Dąbrowski, W., & Karolinczak. (October de 2019). Application of Trickling Filter and Vertical Flow Constructed Wetland Bed to Treat Sewage from Craft Brewery. *Journal of Ecological Engineering*, 20(9), 211-217. doi:10.12911/22998993/112488
- Echeverría Garro, E. R. (2017). LADRILLOS DE CONCRETO CON PLÁSTICO PET. (*tesis de pregrado*). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca.
- Eco Ingenia S.A. (2018). “DIAGNOSTICO SITUACIONAL DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA LOCALIDAD DE JULIACA, DISTRITO DE JULIACA, PROVINCIA SAN ROMAN, DEPARTAMENTO PUNO”. UPeU. Juliaca: Universidad Peruana Unión. Recuperado el Mayo de 2021
- EcuRed Contributors. (24 de Enero de 2020). *Tratamiento de aguas residuales*, 3615653. (EcuRed, Editor) Recuperado el Marzo de 2021, de Enciclopedia Colaborativa Cubana:
https://www.ecured.cu/index.php?title=Tratamiento_de_aguas_residuales&Idid=3615653
- Engineering Articles. (2020, January 20). *portal of Engg Lectures, Notes & Software*. Retrieved March 2021, from Engineering Articles Web Site:
<https://www.engineeringarticles.org/trickling-filter-classification-and-mechanism/>
- ETI - Environmental Technology Initiative. (2015). New Trickling Filter Applications In The U.S.A. *Project funded by the U.S. Environmental Protection Agency under Assistance Agreement No. CX824652*, 215-226. Retrieved March 2021
- Farah, A. A. (2015). Degradation Studies On Recicled. (*DOCTOR OF PHILOSOPHY*). London Metropolitan University, LONDON, Londres. Retrieved March 2021
- Gobierno del Perú. (14 de Marzo de 2021). *Plataforma digital unica del Estado Peruano*. (O. G. Comunicaciones, Editor) Recuperado el 24 de Marzo de 2021, de Plataforma digital unica del Estado Peruano Web site:
[https://www.gob.pe/institucion/vivienda/noticias/348043-ministerio-de-](https://www.gob.pe/institucion/vivienda/noticias/348043-ministerio-de)

vivienda-cumplio-con-aprobar-expediente-tecnico-de-megaproyecto-de-agua-y-saneamiento-para-juliaca

- Hernández, C. E., & Carpio, N. (24 de Abril de 2019). Introducción a los tipos de muestreo. *Revista Científica del Instituto Nacional de Salud*, 2(1), 75-79. doi:<https://doi.org/10.5377/alerta.v2i1.7535>
- Howard, R., & Vasiliy, S. (2020, July). A ratio scale for social distance. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior*, 114(1), 72-86. doi:<https://doi.org/10.1002/jeab.614>
- Jaramillo, A., & Paredes, J. J. (2019). "Evaluación de la eficiencia de un sistema de dos filtros percoladores en serie para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la urbanización Santa Lucía – Morales, 2018". (tesis de pregrado). UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN, Tarapoto.
- Khan, Z. M., Sultan, M., Mahmood, M. H., Nasir, A., & Ali, M. (11 de June de 2016). Experimental Study on Maize Cob Trickling Filter-Based Wastewater Treatment System: Design, Development, and Performance Evaluation. *Polish Journal of Environmental Studies.*, 25(6), 2265-2273. doi:10.15244/pjoes/63657
- Kunißen, K. .. (April de 2019). From Dependent to Independent Variable: A Critical Assessment of Operationalisations of 'Welfare Stateness' as Macro-Level Indicators in Multilevel Analyses. *Springer Science+Business Media B.V., part of Springer Nature 2018*, 142(2), págs. 601-616. doi:10.1007/s11205-018-1930-3
- Lanneth, B., Díaz, A., López, E., & Medina, E. (Octubre de 2018). Evaluación del desempeño del filtro biológico de la Universidad. *Revista de Iniciación Científica*, 4(1), 23-29. doi:10.33412/rev-ric.v4.1.1863
- León Jorge, A. C., Wilches Florez, A. M., & Vanegas Castillo, C. V. (Enero de 2017). Variaciones de la acidez durante la incubacion de las muestras en pruebas de demanda biologica de oxigeno. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales*, 41(158), 71-77. doi:10.18257/raccefyn.396
- Lesikar, B., & Juan, E. (2019). Individual systems for sewage treatment. *Cooperative State Research, Education, and Extension Service, U.S. Department of Agriculture*, IV(10), 1-4.
- López del Pino, S. J., & Martín Calderón, S. (2017). *UF1666 - Depuración de aguas residuales*. España: Editorial Elearning S.L.; ISBN: 978-84-16360-14-7.

- Magno Claudinho, J. E., & Celis Ariza, O. J. (2017). A Study on Thermo - Catalytic Degradation of PET. (J. J. Sauro Pierucci, Ed.) *The Italian Association*, 57(1), 259-264. doi:10.3303/CET1757044
- Mendoza Robledo, J. (2018). *Empaques, envases y embalajes: el producto y su recipiente*. Cali, Colombia: Sello Editorial Javeriano-Pontificia Universidad Javeriana.
- MINAM. (12 de Junio de 2019). *Campaña Menos Plastico Mas vida*. Recuperado el Marzo de 2021, de Gobierno del Peru; Ministerio del Ambiente: <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>
- Moe, M. M., & Oo, K. K. (2020). Consequences of Dependent and Independent Variables based on Acceptance Test Suite Metric Using Test Driven Development Approach. *2020 IEEE Conference on Computer Applications (ICCA)*. 1, pp. 1-6. Yangon, Myanmar: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (IEEE). doi:<http://dx.doi.org/10.1109/ICCA49400.2020.9022828>
- Núñez Figueroa, M. (2019). "EFICIENCIA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD DE CAJABAMBA - CAJAMARCA. ALTERNATIVAS PARA MEJORAR SU TRATAMIENTO". (Tesis de Doctorado). UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA, Cajamarca, Cajamarca, Peru. Recuperado el mayo de 2021
- Otzen Manterola, T. (2017, March). Sampling Techniques on a Study Population. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227-232. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-9502201700010003>
- Padilla, C., & Arévalo, D. (2016). Medición de la Confiabilidad del Aprendizaje del Programa RStudio Mediante Alfa de Cronbach. *Revista Politécnica*, 37(2).
- PR Newswire New York. (2020, February 2013). Visiongain Report: The Global Recycled Polyethylene Terephthalate Market will see CAPEX of \$8,374: Recycled Polyethylene Terephthalate (rPET) Market Report 2020-2030. *PR Newswire; New York, Business And Economics*, pp. 1-6. Retrieved March 2021, from <https://search.proquest.com/docview/2353928172?accountid=37408>
- Ramírez Burgos, L. I., & Durán Domínguez de Bazúa, M. d. (2015). DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO DE MUESTRAS ACUOSAS. *Química Ambiental de las sustancias y de los Residuos Peligrosos*, 4(1), 1-157. Recuperado el Marzo de 2021
- Ramirez, J., Gonzales, F., & Lopez, A. (2019). Desarrollo de un instrumento de recolección de datos para la evaluación del nivel de alfabetización digital de

estudiantes universitarios. *Revista de Iniciación Científica*, 5(2), 59-71.
doi:<https://doi.org/10.33412/rev-ric.v5.2.2506>

- Rehman, A., Ayub, N., Naz, I., Perveen, I., & Ahmed, S. (2020). Effects of Hydraulic Retention Time (HRT) on the Performance of a Pilot-Scale Trickling Filter System Treating Low-Strength Domestic Wastewater. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(1), 249-259. doi:10.15244 / pjoes / 98998
- Rivera, C. (2019, September 09). Basic research and applied research. *Newstex*, 1. Retrieved Marzo 2021, from <https://search.proquest.com/docview/2293905884/2319CF88184E4A5APQ/1?accountid=37408>
- Rodríguez, D. J., Serrano, H. A., Delgado, A., & Nolasco, D. y. (2020). *Cambiando paradigmas para intervenciones más inteligentes para la gestión de aguas residuales en América Latina y el Caribe*. Washinton Dc: Banco Mundial. Recuperado el Marzo de 2021
- Shmelova, T., Sikirda, Y., Rizun, N., Kucherov, D., & Dergachov, K. (2019). 9.3.2 Area, Volume Weight Calculations. IGI Global. Retrieved Marzo 2021, from <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/rcid:kpASAAI001/id:kt0120HI21/automated-systems-in/area-volume-weight-calculations?kpromoter=federation>
- SUNASS. (2016). *DIAGNÓSTICO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL ÁMBITO DE OPERACIÓN DE LAS ENTIDADES PRESTADORAS DE SERVICIOS DE SANEAMIENTO*. LIMA: Tarea Asociación Gráfica Educativa. Recuperado el Marzo de 2021
- UNESCO. (2017). *United Nations World Water Development Report 2017*. UNESCO, World Water Resources Assessment Program. Paris (France): United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Retrieved March 2021
- Ventura León, J. L. (Julio de 2017). La importancia de reportar la validez y confiabilidad en los instrumentos de medición:. *Revista médica de Chile*, 145(7), 956-957. doi:<https://dx.doi.org/10.4067/s0034-98872017000700955>
- Wrouwer, M., Eggo Ulphard, T. v., & Alvarado Chacon, F. (3 de Agosto de 2020). Effect of recycled content and rPET quality on the properties of PET bottles, part III: Modelling of repetitive recycling. *Packaging Technology and Science published by John Wiley & Sons Ltd*, 33(9), 373-383. doi:<https://doi.org/10.1002/pts.2489>
- Zhang, T. (2019). *Phosphorus: Recovery and Recycling*. (T. Zhang, Ed.) Chain: BoD – on Demand; ISBN 1838810218, 9781838810214. Retrieved March 2021

ANEXOS:

ANEXO 1. Matriz de operacionalización de variables

ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables

TEMA: "Influencia del PET reciclado en filtro percolador en el tratamiento secundario de aguas residuales domésticas - San Román, Puno – 2021"

AUTOR: George Stalin Rafael Ramos

VARIABLES ESTUDIO	DE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
Variable Independiente		Los plásticos PET son los más empleados en la actualidad en envases de bebidas, empaques, electrónica y continúan apareciendo nuevas formas de uso. El reciclaje del PET en algunos casos es rentable pero también hay casos en que se genera un costo adicional al momento de recolectar y separar estos residuos	La influencia que tiene el PET reciclado como lecho filtrante en el filtro percolador piloto en la PTAR Juliaca para un tratamiento secundario.	Reciclaje de PET	Peso PET	kilos	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: tipo aplicada.- por que se realiza con fines prácticos para la búsqueda de nuevos conocimientos acerca del uso del PET reciclado como lecho filtrante en el filtro percolador piloto</p> <p>DISEÑO: experimental porque se realizará ensayos de laboratorio para confrontar con las hipótesis planteadas</p> <p>POBLACIÓN: 256 Localidades con Tratamiento de Aguas Residuales en las Empresas Prestadoras de Servicio.</p> <p>MUESTRA: la PTAR Juliaca para probar el filtro percolador piloto MUESTREO se utilizará el muestreo no probabilístico por conveniencia, porque haremos los ensayos en la PTAR Juliaca el cual lo identificamos de manera directa</p> <p>TÉCNICAS: Esta tesis se acontecerá por medio de la técnica de observación directa para la recopilación de datos respectivos y análisis en laboratorio</p> <p>INSTRUMENTOS: Los instrumentos para la siguiente tesis son las fichas técnicas de validez de selección de datos</p>
Influencia del PET reciclado					Superficie Específica Unitaria	centímetros	
					forma de elemento filtrante	volumen	
Variable Dependiente		Para el uso de filtros percoladores o conocidos también como filtros biológicos como tratamiento secundario se sugiere un rango de remoción de DBO de 0.6 a 2.4 Kg DBO/ m ³ – d cuando se utiliza un medio de soporte de plástico.	El filtro percolador piloto se usará para tratar el agua residual domestica como tratamiento secundario en la PTAR Juliaca y así llegar a los LMP que nos da la normativa peruana. Realizando muestreo en laboratorio.	LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLE S	Aceites y grasas	mg/L	
					Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	
Filtro percolador en el tratamiento secundario de aguas residuales domésticas.					Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	
					Demanda Química de Oxígeno	mg/L	
					pH	Unidad	
					Solidos Totales en Suspensión	mL/L	
					Temperatura	°C	

ANEXO 2. Matriz de consistencia

ANEXO 2: Matriz de consistencia

TEMA: "Influencia del PET reciclado en filtro percolador en el tratamiento secundario de aguas residuales domésticas - San Román, Puno – 2021"

AUTOR: George Stalin Rafael Ramos.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p>PROBLEMA GENERAL. ¿Cuál es la influencia del PETr en el Filtro Percolador piloto como tratamiento secundario del agua residual doméstica - San Román, Puno?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS.</p> <p>¿Cuál es la particularidad del agua residual doméstica en la provincia de San Román establecido a través de experimentación biológico, físico y químico?</p> <p>¿Cuál será la eficacia de remoción de la DBO, DQO, Coliformes Termotolerantes, SST, pH con el filtro percolador?</p> <p>¿Cuáles son las cualidades del PETr como elemento de filtrante y cómo repercutirá en la propiedad del agua residual doméstico en la provincia de San Román?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL. Conocer la influencia del PETr en filtro percolador piloto como tratamiento secundario del agua residual doméstica - San Román, Puno.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.</p> <p>Conocer las particularidades del agua residual doméstica en la provincia de San Román establecido a través de experimentación biológico, físico y químico.</p> <p>Establecer la eficacia de remoción de la DBO, DQO, Coliformes termotolerantes, SST, pH con el filtro percolador</p> <p>Comprender las cualidades del PETr como elemento de filtro que influirá en las particularidades del agua residual doméstica en la provincia de San Román.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL. El filtro percolador piloto con PETr actúa convenientemente en la eliminación de contaminantes del agua residual domestica – San Román, Puno.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICO.</p> <p>Las propiedades existentes del agua residual domestica de la Provincia de San Román establecido a través de experimentación biológico, físico y químico exceden los límites máximos permisibles permitidos.</p> <p>La eficacia será mayor a 50% en la remoción de la DBO, DQO, Coliformes termotolerantes, SST, pH con el filtro percolador.</p> <p>El PETr empleado como elemento de filtro en la provincia de San Román elimina los contaminantes que aparecen en el agua residual doméstica, a causa de las propiedades y particularidades físicas.</p>	<p>V 1: Influencia del PET reciclado</p> <p>V2: Filtro percolador piloto en el tratamiento secundario de aguas residuales domésticas.</p>	<p>D1: Peso PET</p> <p>D2: Superficie Específica Unitaria</p> <p>D3: Forma de elemento filtrante</p> <p>D1: Aceites y grasas,</p> <p>D2: Coliformes Termotolerantes</p> <p>D3: Demanda Bioquímica de Oxígeno</p> <p>D4: Demanda Química de Oxígeno</p> <p>D5: PH</p> <p>D6: Sólidos Totales en Suspensión</p> <p>D7: Temperatura</p>	<p>I1: Kilogramo</p> <p>I1: Centimetro2</p> <p>I1: Volumen</p> <p>I1: mg/L</p> <p>I1: NPM/100mL</p> <p>I1: mg/L</p> <p>I1: mg/L</p> <p>I1: unidad</p> <p>I1: mL/L</p> <p>I1: °C</p>	<p>TIPO DE INVESTIGACIÓN: tipo aplicada.- por que se realiza con fines prácticos para la búsqueda de nuevos conocimientos acerca del uso del PET reciclado como lecho filtrante en el filtro percolador piloto</p> <p>DISEÑO: experimental porque se realizará ensayos de laboratorio para confrontar con las hipótesis planteadas</p> <p>POBLACIÓN: 256 Localidades con Tratamiento de Aguas Residuales en las Empresas Prestadoras de Servicio.</p> <p>MUESTRA. la PTAR Juliaca para probar el filtro percolador piloto</p> <p>MUESTREO se utilizará el muestreo no probabilístico por conveniencia, porque haremos los ensayos en la PTAR Juliaca el cual lo identificamos de manera directa</p> <p>TÉCNICAS: Esta tesis se acontecerá por medio de la técnica de observación directa para la recopilación de datos respectivos y análisis en laboratorio</p> <p>INSTRUMENTOS: Los instrumentos para la siguiente tesis son las fichas técnicas de validez de selección de datos</p>

ANEXO 3. Instrumentos de validación validadas.

FORMATO 01: ANÁLISIS DE VALIDEZ – FICHA RECOPIACIÓN DE DATOS

PROYECTO: Influencia del PET Reciclado en Filtro Percolador Piloto en el Tratamiento Secundario de Aguas Residuales Domésticas - San Román, Puno.

AUTOR: George Stalin Rafael Ramos.

I.	INFORMACIÓN GENERAL:	5
	UBICACIÓN: Juliaca	
	DISTRITO: Juliaca	
	PROVINCIA: San Román	
	REGIÓN: Puno	
II.	RECICLAJE DE PET	4
N°	PARÁMETROS	UNIDAD
01	Peso PET	Kilogramo
02	Superficie especifica unitaria	Centímetros
03	Forma de elemento filtrante	Volumen
III.	LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	5
N°	PARÁMETROS	UNIDAD
01	TEMPERATURA	°C
02	SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	mg/L
03	pH	Unidad de pH
04	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /L
05	ACEITES Y GRASAS	mg/L
06	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /L
07	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100mL
08	COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL
APELLIDOS Y NOMBRES:		Validez
PROFESIÓN:		5
REGISTRO CIP N°:		
EMAIL:		
TELÉFONO:		

NIVEL DE VALIDEZ

Índice	Descripción	Explicación
1	Deficiente	0% a 30%
2	Regular	31% a 50%
3	Bueno	51% a 70%
4	Muy bueno	71% a 90%
5	Excelente	91% a 100%

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ
E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

M.S.C. Ing. Jesus Esteban Castillo Machaca
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL

FORMATO 01: ANÁLISIS DE VALIDEZ – FICHA RECOPIACIÓN DE DATOS

PROYECTO: Influencia del PET Reciclado en Filtro Percolador Piloto en el Tratamiento Secundario de Aguas Residuales Domésticas - San Román, Puno.

AUTOR: George Stalin Rafael Ramos.

I. INFORMACIÓN GENERAL:		4	
UBICACIÓN:	Juliaca		
DISTRITO:	Juliaca		
PROVINCIA:	San Román		
REGIÓN:	Puno		
II. RECICLAJE DE PET		4	
N°	PARÁMETROS	UNIDAD	
01	Peso PET	Kilogramo	
02	Superficie especifica unitaria	Centímetros	
03	Forma de elemento filtrante	Volumen	
III. LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES		4	
N°	PARÁMETROS	UNIDAD	
01	TEMPERATURA	°C	
02	SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	mg/L	
03	pH	Unidad de pH	
04	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /L	
05	ACEITES Y GRASAS	mg/L	
06	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /L	
07	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100mL	
08	COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	
APELLIDOS Y NOMBRES:		Validez	
PROFESIÓN:		4	
REGISTRO CIP N°:			
EMAIL:			
TELÉFONO:			

NIVEL DE VALIDEZ

Índice	Descripción	Explicación
1	Deficiente	0% a 30%
2	Regular	31% a 50%
3	Buena	51% a 70%
4	Muy buena	71% a 90%
5	Excelente	91% a 100%



ING. EDGAR COSLA PAZA
REG. CIP. N° 99094

Firma

FORMATO 01: ANÁLISIS DE VALIDEZ – FICHA RECOPIACIÓN DE DATOS

PROYECTO: Influencia del PET Reciclado en Filtro Percolador Piloto en el Tratamiento Secundario de Aguas Residuales Domésticas - San Román, Puno.

AUTOR: George Stalin Rafael Ramos.

I.	INFORMACIÓN GENERAL:	5
	UBICACIÓN: Juliaca	
	DISTRITO: Juliaca	
	PROVINCIA: San Román	
	REGIÓN: Puno	
II.	RECICLAJE DE PET	4
N°	PARÁMETROS	UNIDAD
01	Peso PET	Kilogramo
02	Superficie especifica unitaria	Centímetros
03	Forma de elemento filtrante	Volumen
III.	LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	5
N°	PARÁMETROS	UNIDAD
01	TEMPERATURA	°C
02	SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	mg/L
03	pH	Unidad de pH
04	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /L
05	ACEITES Y GRASAS	mg/L
06	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	mgO ₂ /L
07	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100mL
08	COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL
APELLIDOS Y NOMBRES:		5
PROFESIÓN:		
REGISTRO CIP N°:		
EMAIL:		
TELÉFONO:		

NIVEL DE VALIDEZ

Índice	Descripción	Explicación
1	Deficiente	0% a 30%
2	Regular	31% a 50%
3	Bueno	51% a 70%
4	Muy bueno	71% a 90%
5	Excelente	91% a 100%



Franz J. Bazán Paredes

INGENIERO CIVIL

Reg. CIP. N° 64574

ANEXO 4. Instrumentos de recolección de datos.

FORMATO 01: ANÁLISIS DE VALIDEZ – FICHA RECOPIACIÓN DE DATOS
19/05/2021

PROYECTO: Influencia del PET Reciclado en Filtro Percolador Piloto en el Tratamiento Secundario de Aguas Residuales Domésticas - San Román, Puno.

AUTOR: George Stalin Rafael Ramos.

I. INFORMACIÓN GENERAL:				
	UBICACIÓN:	Juliaca		
	DISTRITO:	Juliaca		
	PROVINCIA:	San Román		
	REGIÓN:	Puno		
II. RECICLAJE DE PET				
N°	PARÁMETROS	UNIDAD		
01	Peso PET	Kilogramo	3,125	
02	Superficie especifica unitaria	Centímetros	60 cm ²	
03	Forma de elemento filtrante	Volumen	18 cm ³	
III. LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES				
N°	PARÁMETROS	UNIDAD		
01	TEMPERATURA	°C	10.5	
02	SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	mg/L	413.18	
03	pH	Unidad de pH	8.54	
04	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/L	503.15	
05	ACEITES Y GRASAS	mg/L	14.9	
06	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	mg/L	595.58	
07	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100mL	9.1*10 ⁷	
08	COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	4.9*10 ⁸	

FORMATO 01: ANÁLISIS DE VALIDEZ – FICHA RECOPIACIÓN DE DATOS
24/05/2021

PROYECTO: Influencia del PET Reciclado en Filtro Percolador Piloto en el Tratamiento Secundario de Aguas Residuales Domésticas - San Román, Puno.

AUTOR: George Stalin Rafael Ramos.

I. INFORMACIÓN GENERAL:				
	UBICACIÓN:	Juliaca		
	DISTRITO:	Juliaca		
	PROVINCIA:	San Román		
	REGIÓN:	Puno		
II. RECICLAJE DE PET				
N°	PARÁMETROS	UNIDAD		
01	Peso PET	Kilogramo		
02	Superficie especifica unitaria	Centímetros		
03	Forma de elemento filtrante	Volumen		
III. LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES				
N°	PARÁMETROS	UNIDAD		
01	TEMPERATURA	°C	10.7	
02	SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	mg/L	326.27	
03	pH	Unidad de pH	8.47	
04	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/L	255.82	
05	ACEITES Y GRASAS	mg/L	12.81	
06	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	mg/L	305.44	
07	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100mL	$2.2 \cdot 10^7$	
08	COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	$1.2 \cdot 10^8$	

FORMATO 01: ANÁLISIS DE VALIDEZ – FICHA RECOPIACIÓN DE DATOS
29/05/2021

PROYECTO: Influencia del PET Reciclado en Filtro Percolador Piloto en el Tratamiento Secundario de Aguas Residuales Domésticas - San Román, Puno.

AUTOR: George Stalin Rafael Ramos.

I. INFORMACIÓN GENERAL:				
	UBICACIÓN:	Juliaca		
	DISTRITO:	Juliaca		
	PROVINCIA:	San Román		
	REGIÓN:	Puno		
II. RECICLAJE DE PET				
N°	PARÁMETROS	UNIDAD		
01	Peso PET	Kilogramo		
02	Superficie especifica unitaria	Centímetros		
03	Forma de elemento filtrante	Volumen		
III. LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES				
N°	PARÁMETROS	UNIDAD		
01	TEMPERATURA	°C	10.5	
02	SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	mg/L	267.27	
03	pH	Unidad de pH	8.45	
04	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/L	219.31	
05	ACEITES Y GRASAS	mg/L	11.63	
06	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	mg/L	268.43	
07	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100mL	$1.5 \cdot 10^7$	
08	COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	$8.3 \cdot 10^7$	

FORMATO 01: ANÁLISIS DE VALIDEZ – FICHA RECOPIACIÓN DE DATOS
03/06/2021

PROYECTO: Influencia del PET Reciclado en Filtro Percolador Piloto en el Tratamiento Secundario de Aguas Residuales Domésticas - San Román, Puno.

AUTOR: George Stalin Rafael Ramos.

I.	INFORMACIÓN GENERAL:			
	UBICACIÓN:	Juliaca		
	DISTRITO:	Juliaca		
	PROVINCIA:	San Román		
	REGIÓN:	Puno		
II.	RECICLAJE DE PET			
N°	PARÁMETROS	UNIDAD		
01	Peso PET	Kilogramo		
02	Superficie especifica unitaria	Centímetros		
03	Forma de elemento filtrante	Volumen		
III.	LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES			
N°	PARÁMETROS	UNIDAD		
01	TEMPERATURA	°C	10.45	
02	SOLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	mg/L	262.19	
03	pH	Unidad de pH	8.45	
04	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	mg/L	198.78	
05	ACEITES Y GRASAS	mg/L	10.23	
06	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO	mg/L	243.82	
07	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NMP/100mL	$1.3 \cdot 10^7$	
08	COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	$7.1 \cdot 10^8$	

**ANEXO 5. Certificados de resultados de análisis de
aguas**



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL



CONSTANCIA

EL QUE SUSCRIBE, EL JEFE DEL LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

HACE CONSTAR:

Que el Bach. RAFAEL RAMOS GEORGE STALIN, egresado de la Escuela profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, quien ha dejado sus muestras para la parte experimental de su trabajo de tesis titulado: "**INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN FILTRO PERCOLADOR PILOTO EN EL TRATAMIENTO SECUNDARIO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS - SAN ROMÁN, PUNO - 2021**" en las instalaciones del Laboratorio de Calidad Ambiental a partir del 19 de abril al 03 de mayo del 2021 en el cual se realizó sus pruebas experimentales satisfactoriamente.

Por lo cual se expide la presente constancia a solicitud del interesado para fines que estime por conveniente.

Juliaca, 31 de mayo del 2021

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

M.Sc. Ing. Jesús Esteban Castillo Machaca
JEFE: LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL



RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS

INFORME DE ENSAYO N° 191 – 2021

I. DATOS DEL SOLICITANTE:

Solicitante : GEORGE STALIN RAFAEL RAMOS
 Proyecto de tesis : INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN FILTRO PERCOLADOR PILOTO EN EL TRATAMIENTO SECUNDARIO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS SAN ROMÁN, PUNO.

II. DATOS DE MUESTREO:

Código Campo	Origen de la muestra	Punto de muestra	Distrito	Provincia	Departamento	Fecha de muestreo
01	AGUAS RESIDUALES DE EFLUENTE PTAR JULIACA.	E: 383936.72 N: 8286781.18 Z: 3818 msnm	Juliaca	San Román	Puno	19 de Abril del 2021

Presentación: En Frascos esterilizados de 500 ml.

Muestreado por: George Stalin Rafael Ramos

Fecha de recepción: 19 de abril del 2021

Fecha de Análisis: 19 al 24 de abril del 2021

III. RESULTADOS:

PARÁMETROS FÍSICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA
01	TEMPERATURA	°C	10.5
02	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	413.18
03	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	985.09

PARÁMETROS QUÍMICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA
01	pH	Unidad de pH	8.54
02	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO	mgO ₂ /L	503.15
03	ACEITES Y GRASAS	mg/L	14.9

PARÁMETROS BIOLÓGICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA
01	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO	mgO ₂ /L	595.58
02	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NPM/100mL	9.1*10 ⁷
03	COLIFORMES TOTALES	NPM/100mL	4.9*10 ⁸

MÉTODOS DE ENSAYO:

- El parámetro fue analizado de acuerdo a las recomendaciones de los **Métodos normalizados poro el Análisis de Aguas Potables y Residuales. APHA. AVVW.WEF. 21th ed. 2005.**

NOTAS IMPORTANTES:

- El presente informe de Ensayos es válido por 90 días a partir de la fecha de emisión.

Juliaca, 26 de abril del 2021

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

 M. SC. Ing. Jesus Esteban Castillo Machaca
 JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

 Ing. Karen Kelly Quispe Quispe
 ASISTENTE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL



RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° 196 – 2021

IV. DATOS DEL SOLICITANTE:

Solicitante : GEORGE STALIN RAFAEL RAMOS
 Proyecto de tesis : INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN FILTRO PERCOLADOR PILOTO EN EL TRATAMIENTO SECUNDARIO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS SAN ROMÁN, PUNO.

V. DATOS DE MUESTREO:

Código Campo	Origen de la muestra	Punto de muestra	Distrito	Provincia	Departamento	Fecha de muestreo
01	AGUAS RESIDUALES DE EFLUENTE PTAR JULIACA (SALIDA DEL FILTRO PERCOLADOR)	E: 383936.72 N: 8286781.18 Z: 3818 msnm	Juliaca	San Román	Puno	24 de Abril del 2021

Presentación: En Frascos esterilizados de 500 ml.

Muestreado por: George Stalin Rafael Ramos

Fecha de recepción: 24 de abril del 2021

Fecha de Análisis: 24 de 29 de abril del 2021

VI. RESULTADOS:

PARÁMETROS FÍSICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA
01	TEMPERATURA	°C	10.7
02	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	326.27
03	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	778.15

PARÁMETROS QUÍMICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA
01	pH	Unidad de pH	8.47
02	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO	mgO ₂ /L	255.82
03	ACEITES Y GRASAS	mg/L	12.81

PARÁMETROS BIOLÓGICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA
01	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO	mgO ₂ /L	305.44
02	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NPM/100mL	2.2*10 ⁷
03	COLIFORMES TOTALES	NPM/100mL	1.2*10 ⁸

MÉTODOS DE ENSAYO:

- El parámetro fue analizado de acuerdo a las recomendaciones de los *Métodos normalizados poro el Análisis de Aguas Potables y Residuales. APHA. AVVW.WEF. 21th ed. 2005.*

NOTAS IMPORTANTES:

- El presente informe de Ensayos es válido por 90 días a partir de la fecha de emisión.

Juliaca, 30 de abril del 2021

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

 M.Sc. Ing. Jesus Esteban Castillo Machuca
 JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

 Ing. Karen Kelly Quispe Quispe
 AGENTE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL



RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° 201 – 2021

VII. DATOS DEL SOLICITANTE:

Solicitante : GEORGE STALIN RAFAEL RAMOS
 Proyecto de tesis : INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN FILTRO PERCOLADOR PILOTO EN EL TRATAMIENTO SECUNDARIO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS SAN ROMÁN, PUNO.

VIII. DATOS DE MUESTREO:

Código Campo	Origen de la muestra	Punto de muestra	Distrito	Provincia	Departamento	Fecha de muestreo
01	AGUAS RESIDUALES DE EFLUENTE PTAR JULIACA.	E: 383936.72 N: 8286781.18 Z: 3818 msnm	Juliaca	San Román	Puno	29 de Abril del 2021

Presentación: En Frascos esterilizados de 500 ml.

Muestreado por: George Stalin Rafael Ramos

Fecha de recepción: 29 de abril del 2021

Fecha de Análisis: 29 al 04 de mayo del 2021

IX. RESULTADOS:

PARÁMETROS FÍSICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA
01	TEMPERATURA	°C	10.5
02	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	267.27
03	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	637.96

PARÁMETROS QUÍMICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA
01	pH	Unidad de pH	8.45
02	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO	mgO ₂ /L	219.31
03	ACEITES Y GRASAS	mg/L	11.63

PARÁMETROS BIOLÓGICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA
01	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO	mgO ₂ /L	268.43
02	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NPM/100mL	1.5*10 ⁷
03	COLIFORMES TOTALES	NPM/100mL	8.3*10 ⁷

MÉTODOS DE ENSAYO:

- El parámetro fue analizado de acuerdo a las recomendaciones de los **Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. APHA. AVWW.WEF. 21th ed. 2005.**

NOTAS IMPORTANTES:

- El presente informe de Ensayos es válido por 90 días a partir de la fecha de emisión.

Juliaca, 05 de mayo del 2021

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

 M.Sc. Ing. Jesus Esteban Castillo Mechaca
 JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

 Ing. Karen Kelly Quispe Quispe
 ASISTENTE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL



RESULTADOS DE ANÁLISIS DE AGUAS

INFORME DE ENSAYO N° 203 – 2021

X. DATOS DEL SOLICITANTE:

Solicitante : GEORGE STALIN RAFAEL RAMOS
 Proyecto de tesis : INFLUENCIA DEL PET RECICLADO EN FILTRO PERCOLADOR PILOTO EN EL TRATAMIENTO SECUNDARIO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS SAN ROMÁN, PUNO.

XI. DATOS DE MUESTREO:

Código Campo	Origen de la muestra	Punto de muestra	Distrito	Provincia	Departamento	Fecha de muestreo
01	AGUAS RESIDUALES DE EFLUENTE PTAR JULIACA.	E: 383936.72 N: 8286781.18 Z: 3818 msnm	Juliaca	San Román	Puno	03 de Mayo del 2021

Presentación: En Frascos esterilizados de 500 ml.

Muestreado por: George Stalin Rafael Ramos

Fecha de recepción: 03 de mayo del 2021

Fecha de Análisis: 03 al 08 de mayo del 2021

XII. RESULTADOS:

PARÁMETROS FÍSICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA
01	TEMPERATURA	°C	10.45
02	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	262.19
03	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	mg/L	625.53

PARÁMETROS QUÍMICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA
01	pH	Unidad de pH	8.45
02	DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO	mgO ₂ /L	198.78
03	ACEITES Y GRASAS	mg/L	10.23

PARÁMETROS BIOLÓGICOS:

N°	PARÁMETRO	UNIDAD	MUESTRA
01	DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO	mgO ₂ /L	243.82
02	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	NPM/100mL	1.3*10 ⁷
03	COLIFORMES TOTALES	NPM/100mL	7.1*10 ⁷

MÉTODOS DE ENSAYO:

- El parámetro fue analizado de acuerdo a las recomendaciones de los **Métodos normalizados poro el Análisis de Aguas Potables y Residuales. APHA. AVWW.WEF. 21th ed. 2005.**

NOTAS IMPORTANTES:

- El presente informe de Ensayos es válido por 90 días a partir de la fecha de emisión.

Juliaca, 10 de mayo del 2021

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
 M. SC. Ing. Jofre Esteban Castillo Machaca
 JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL
 Ing. Karen Kelly Quispe Quispe
 ASISTENTE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL

REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

NOMBRE DE LA PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales Juliaca										
Muestra N°	Punto de muestreo	Fecha	Hora toma de muestra	Tipo de frasco	Volumen	Parámetros a ser medidos				Observaciones
						DBO	CF	T°	pH	
1	Efluente de PTAR	19/04/2021	11:30 am	Vidrio	500 ml	X	X	X	X	
2	Efluente de PTAR	19/04/2021	11:30 am	PET	500 ml	X	X	X	X	
3	Efluente de PTAR	19/04/2021	11:30 am	PET	500 ml	X	X	X	X	

OPERADOR DE LA MUESTRA

Nombre y apellido: George Stalin Rafael Ramos

Institución: Universidad Cesar Vallejo Sede Lima Norte

Firma:



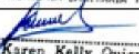
RECEPCIÓN EN LABORATORIO

Nombre y apellido:

Institución:

UNIVERSIDAD ANTONIO NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Firma:


Ing. Karen Kelly Quispe Quispe
ASISTENTE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL

REGISTRO DE CADENA DE CUSTODIA

NOMBRE DE LA PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales Juliaca										
Muestra N°	Punto de muestreo	Fecha	Hora toma de muestra	Tipo de frasco	Volumen	Parámetros a ser medidos				Observaciones
						DBO	CF	T°	pH	
1	Efluente de PTAR	03/05/2021	11:30 am	Vidrio	500 ml	X	X	X	X	
2	Efluente de PTAR	03/05/2021	11:30 am	PET	500 ml	X	X	X	X	
3	Efluente de PTAR	03/05/2021	11:30 am	PET	500 ml	X	X	X	X	

OPERADOR DE LA MUESTRA

Nombre y apellido: George Stalin Rafael Ramos

Institución: Universidad Cesar Vallejo Sede Lima Norte

Firma:



RECEPCIÓN EN LABORATORIO

Nombre y apellido:

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
E.P. INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Institución:

Ing. Karen Kelly Quispe Quispe
ASISTENTE - LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL

Firma:



ANEXO 6. Panel Fotográfico

FOTOGRAFÍA N° 1 Y 2



Alistando el Cilindro el cual se utilizó como filtro percolador para esta investigación

FOTOGRAFÍA N° 3 Y 4



Material PET reciclado triturado para usar en el lecho filtrante

FOTOGRAFÍA N° 5



Efluente de la PTAR Juliaca, lugar donde se realizó los ensayos

FOTOGRAFÍA N° 6 y 7



Toma de muestra directa del Efluente para realizar la comparativa necesaria

FOTOGRAFÍA N° 8 y 9



Trabajando en el filtro percolador

FOTOGRAFÍA N° 10 y 11



Muestreo a los 5 días (agua que fluye del filtro percolador)

FOTOGRAFÍA N° 10 y 11



Muestreo a los 10 días (agua que fluye del filtro percolador)

FOTOGRAFÍA N° 12 y 13



Muestreo a los 15 días (agua que fluye del filtro percolador)

FOTOGRAFÍA N° 15 y 16



Retiro del filtro terminado la experimentación

FOTOGRAFÍA N° 17



Tubería del efluente de la PTAR Juliaca