



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín para el tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Morales Medina, Wendy Lissett (orcid.org/0000-0002-0406-6379)

ASESOR:

Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (orcid.org/0000-0003-1504-2089)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA - PERÚ

2023

Dedicatoria

La presente tesis está dirigida primordialmente a Dios y a mi propio esfuerzo, tiempo y apoyo que me he brindado constantemente a lo largo de mi trayectoria académica.

Así mismo, extendiendo en especial a mi madre, cuyo apoyo y motivación fueron fundamentales en todo momento. También agradezco a mi familia y las personas que, de una forma u otra, han formado parte de mi vida y han hecho posible la realización de este trabajo. Espero que mi contribución sea un pequeño aporte hacia el crecimiento y la excelencia en la comunidad académica.

Agradecimiento

A mi asesor Dr. Elmer Gonzáles, Benites Alfaro, por su guía y conocimientos que me permitieron desarrollarme como profesional, siendo fundamentales para la mejora continua de mi tesis.

Al Mg. ing. Bañon Arias, Jonnatan por todo su apoyo y enseñanza en gran parte de mi vida académica; así mismo, los expertos y jurados que me guiaron en el proceso.

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi señora madre, familia y amigos cercanos por todo su apoyo incondicional, han sido mi soporte emocional y han comprendido los sacrificios y la dedicación que conllevó mi vida académica. Con solo su presencia me han dado la fuerza necesaria para superar los desafíos y perseverar en mis metas. ¡Gracias por todo!

Declaratoria de autenticidad del asesor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, BENITES ALFARO ELMER GONZALES, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín para el tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113", cuyo autor es MORALES MEDINA WENDY LISSETT, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 23 de Diciembre del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
BENITES ALFARO ELMER GONZALES DNI: 07867259 ORCID: 0000-0003-1504-2089	Firmado electrónicamente por: ELBENITESALF el 26-12-2023 10:09:00

Código documento Trilce: TRI - 0707347



Declaratoria de autenticidad del autor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, MORALES MEDINA WENDY LISSETT estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín para el tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Nombres y Apellidos	Firma
WENDY LISSETT MORALES MEDINA DNI: 75454985 ORCID: 0000-0002-0406-6379	Firmado electrónicamente por: WMORALESME14 el 19-12-2023 15:39:57

Código documento Trilce: TRI - 0700849

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de autenticidad del asesor.....	iv
Declaratoria de originalidad del autor.....	v
Índice de contenidos.....	vi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	14
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Variables y operacionalización	14
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
3.5. Procedimientos	16
3.6. Método de análisis de datos.....	31
3.7. Aspectos éticos.....	31
IV. RESULTADOS.....	32
V. DISCUSIÓN	44
VI. CONCLUSIONES	48
VII. RECOMENDACIONES.....	49
REFERENCIAS.....	50
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Información del colorante Acid blue 113.....	11
Tabla 2. Valoración por juicio de expertos.	16
Tabla 3. Dimensiones del filtro	22
Tabla 4. Características de los empaques	25
Tabla 5. Características del suelo natural	32
Tabla 6. Absorbancia vs ppm del colorante Acid blue 113.....	33
Tabla 7. Parámetros iniciales	35
Tabla 8. Resultados en absorbancia	35
Tabla 9. 60 % - 40% (P1)	36
Tabla 10. 70 % - 30% (P1)	36
Tabla 11. 80 %- 20% (P1)	37
Tabla 12. % de retención del colorante a los empaques.....	38
Tabla 13. Resultados de concentración en ppm	38
Tabla 14. Resultado final.....	39
Tabla 15. Prueba de normalidad de datos proporciones y tiempo	40
Tabla 16. Resultados del T-student tiempo y proporción vs inicial.....	41
Tabla 17. Prueba de normalidad de datos primera prueba	42
Tabla 18. Resultados del T-student primera prueba vs inicial.....	43

Índice de figuras

Figura 1. Etapas de los procedimientos de la investigación	17
Figura 2. Ubicación de la muestra de suelo natural	18
Figura 3. Medición de pH y temperatura de muestra	19
Figura 4. Dimensión de la tapa.....	20
Figura 5. Tapa del filtro	20
Figura 6. Ingreso del filtro.....	21
Figura 7. Localización de las mallas del filtro	21
Figura 8. Salida de la muestra tratada	22
Figura 9. Dimensiones del filtro	23
Figura 10. Proceso de funcionamiento del filtro	24
Figura 11. Uso del filtro: a) Superior, b) inferior, c) empaques, d) armado completo, e) vertimiento de agua, f) resultados M1 y g) resultados M8.	25
Figura 12. Prueba de suelo con el colorante	25
Figura 13. Proporciones suelo natural y aserrín.....	26
Figura 14. Preparación de la mezcla.....	27
Figura 15. Estado de los empaques.....	27
Figura 16. Verificación del peso del empaque.....	27
Figura 17. Formación del empaque.....	28
Figura 18. Almacenamiento de empaques.....	28
Figura 19. Muestra del suelo y aserrín pretratamiento	29
Figura 20. Muestra del suelo y aserrín post tratamiento	29
Figura 21. Espectrofotómetro PG Instruments T80 UV/VIS	30
Figura 22. Curva de calibración.....	34
Figura 23. Línea de tendencia 60%-40% primera prueba.	36
Figura 24. Línea de tendencia 70%-30% primera prueba.	36
Figura 25. Línea de tendencia 80%-20% primera prueba.	37

Figura 26. Comportamiento del promedio de % remoción 39

RESUMEN

Anualmente, la industria textil consume 79 mil millones de metros cúbicos de agua, especialmente en procesos como el blanqueo, teñido y estampación, representando aproximadamente el 20% del consumo global de agua y generando 92 millones de toneladas de textiles. Como consecuencia, se producen cantidades significativas de aguas residuales conteniendo productos químicos tóxicos derivados de fijadores, detergentes y tintes. El objetivo de la investigación fue evaluar el tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113 mediante un filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín. Se utilizó tres columnas con 3 muestras diferentes de empaques constituidos de suelo natural y aserrín, los tiempos de tratamiento fueron de 3, 5 y 10 minutos para cada tipo de empaque, realizándose tres repeticiones. Como resultado se tuvo una remoción de 55 % al cabo de 10 minutos usando empaques con dosis de 80% y 20% en proporciones de suelo y aserrín, respectivamente. Este método puede ser una alternativa viable, práctica y de bajo costo para la remoción de colorantes textiles.

Palabras clave: Acid blue 113, filtro, suelo natural, textil, tratamiento.

ABSTRACT

Annually, the textile industry consumes 79 billion cubic meters of water, especially in processes such as bleaching, dyeing and printing, representing approximately 20% of global water consumption and generating 92 million tons of textiles. As a consequence, significant quantities of wastewater are produced containing toxic chemicals derived from fixatives, detergents and dyes. The objective of the research was to evaluate the treatment of synthetic water with C.I. textile dye. Acid blue 113 through a vertical column filter with natural soil and sawdust packing. Three columns were used with 3 different samples of packaging made up of natural soil and sawdust, the treatment times were 3, 5 and 10 minutes for each type of packaging, with three repetitions being carried out. As a result, there was a removal of 55% after 10 minutes using packaging with doses of 80% and 20% in proportions of soil and sawdust, respectively. This method can be a viable, practical and low-cost alternative for the removal of textile dyes.

Keywords: Acid blue 113, filter, natural soil, textile, treatment.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el avance de la tecnología y el crecimiento exponencial de la población están ocasionando múltiples desafíos a la calidad de vida. The united nations (2019) estima con un 95% de certeza que la población mundial alcanzará entre 8,500 y 8,600 millones de personas para el año 2030, en relación a América Latina y el Caribe menciona que la población ha aumentado tres veces desde 1950 hasta 2019.

De acuerdo con SABEEN *et al.* (2018), los impactos ambientales provocados por la sobrepoblación han contribuido en el incremento de los gases causantes del efecto invernadero, la sobreexplotación de recursos y, destacablemente, en la contaminación del agua. La contaminación de los recursos hídricos puede ocurrir de diversas formas, principalmente se debe al vertimiento de los efluentes de aguas residuales tanto domesticas como industriales.

Por otro lado, el artículo 25 de la declaración de los derechos humanos de la ONU (2018) establece que, todas las personas tienen derecho a una adecuada vestimenta como parte de una óptima calidad de vida y entre otras necesidades básicas. Sin embargo, cuando se habla de la vestimenta es inevitable relacionarlo con la industria textil y el impacto que provoca al ambiental.

Existe una estrecha relación entre la sobrepoblación y la industria textil con el modelo de negocio llamado “fast fashion” caracterizada por la producción en exceso y el consumo desmedido. Como resultado de este enfoque, PAPAMICHAEL *et al.* (2022) mencionan que los productos textiles y la confección ocupan el cuarto lugar en términos de explotación de recursos ambientales, contribuyendo con un 15% al uso de materias primas.

La industria textil desempeña un papel fundamental en la economía global, BICK, HALSEY Y EKENGA (2018) establecen que, a nivel mundial, se adquieren 80 mil millones de prendas nuevas al año, generando ingresos de alrededor de 1,2 billones de dólares al año para la industria de la moda, la mayoría de estas prendas se producen en China y Bangladesh.

Sin embargo, el crecimiento de la industria textil ha traído consigo un desafío ambiental significativo, en algunos continentes contribuye con un porcentaje que varía entre el 2 % y el 10 % al impacto ambiental total, por lo que en muchos casos se puede sentir mucho más fuerte el impacto en los países de tercer mundo (ŠAJN, 2019). Esta problemática ha generado una creciente preocupación tanto a nivel local como global, debido a los efectos negativos que tiene en los ecosistemas acuáticos y la salud pública.

Entre las afectaciones ambientales se encuentra la contaminación del agua, esto se debe a la liberación de efluentes textiles, usualmente suelen contener una amplia gama de productos químicos peligrosos como refractarios constituidos con colorantes, elementos tóxicos y compuestos orgánicos diversiformes (LI *et al.*, 2023), lo cual se puede plantear como un grave riesgo para los cuerpos de agua y la vida acuática. Específicamente, CENTOBELLI (2022) estima que anualmente esta industria consume 79 mil millones de metros cúbicos de agua siendo así una cantidad masiva del recurso hídrico, aproximadamente el 20% del consumo global de agua y produciendo 92 millones de toneladas de textiles.

Sin lugar a dudas, la alteración de la calidad de los recursos hídricos por las aguas residuales es un problema latente, según SELVARAJ y VELVIZHIB (2021), el tratamiento es fundamental para el mantenimiento del equilibrio ambiental y la salud pública. Ante ello, existen medidas amigables con el ambiente basadas en los principios de la ecología para tratar las aguas residuales con enfoque en la eficiencia, incluyendo diversos componentes que pasee el ecosistema propio.

Algunos de los tratamientos para las aguas textiles se realizan por medio de ciertos componentes del suelo, de acuerdo con WANG *et al.* (2021), este recurso se ha vuelto importante debido a las aplicaciones que tiene en los distintos campos, así como ventajas que van desde ser recursos abundantes, ecológico y de bajo costo. Otro punto a considerar son los minerales con su capacidad de intercambio catiónico (CIC), la cual se deriva de la carga negativa uniforme presente en sus superficies.

Por todo lo expuesto anteriormente, se requiere de una investigación que permita abarcar la problemática desde una visión integral y amigable, es por ello

que, la búsqueda de métodos de tratamiento de aguas residuales textiles eficientes y sostenibles se ha vuelto imperativa. En respuesta a ello, esta investigación aborda un problema ambiental apremiante al proponer una solución prometedora y sostenible mediante el uso de empaques de suelo natural y aserrín ideal en el tratamiento de aguas residuales textiles. Este desafío no solo contribuirá a la preservación de los recursos hídricos, sino que también, podría tener un impacto positivo en la industria textil y en la sociedad en su conjunto.

El principal problema que se abordó en el presente estudio fue: ¿Es posible realizar un tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113 por medio de un filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín? De modo que, **los problemas específicos** fueron: ¿Qué tiempo es adecuado para el tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113 por filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín?, ¿Influye la proporción porcentual de los componentes en el tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113 por filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín?, ¿Cuál es la remoción final del tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113 por filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín? y ¿Se puede diseñar por medio de las características del filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín un tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113?

La justificación de este proyecto de investigación se apoyó en tres enfoques fundamentales. Desde una perspectiva **ambiental**, se propone una solución sostenible mediante el uso de un filtro de empaques de suelo natural con aserrín para el tratamiento de aguas residuales textiles. Esta alternativa busca promover prácticas más respetuosas con los recursos naturales.

En términos de justificación **social**, el tratamiento efectivo de las aguas residuales textiles contribuye directamente a la mejora de la calidad de vida de la población. Al reducir la exposición a enfermedades relacionadas con el agua y mejorar la disponibilidad de agua para diversos fines, se beneficia a las comunidades y se promueve la equidad, especialmente en áreas donde las soluciones de tratamiento convencionales pueden ser inaccesibles.

Desde un enfoque **económico**, el uso de un filtro de empaques a base de suelo natural con aserrín como alternativa al tratamiento de aguas residuales textiles puede llevar a una reducción significativa de los costos en comparación con los tradicionales. Además, al utilizar recursos locales, se fortalece la economía de la comunidad y se reduce la dependencia de insumos importados, lo que puede generar oportunidades de desarrollo económico y contribuir a la conservación de los recursos hídricos.

Conforme a los problemas presentados anteriormente, se planteó como **objetivo general**: Realizar el tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113 mediante un filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín, así mismo los **objetivos específicos** fueron: **Determinar** el tiempo del tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113 por filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín, además **analizar** la influencia de la proporción porcentual de los componentes en el tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113 por filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín, **evaluar** la remoción final del tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113 por filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín; por último, **diseñar** con las características del filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113.

Como **hipótesis general** se tuvo en cuenta: el realizar el tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113 por filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín a nivel laboratorio tuvo buenos resultados; y como **hipótesis específicas**: Se obtuvo el tiempo para el tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113 por filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín; por otro lado, la concentración de los componentes en el tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113 influye en el filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín; asimismo, la remoción final es más eficiente que otros resultados obtenidos del tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113 por filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín. Por último, Las

características del filtro fueron las adecuadas para el tratamiento agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113.

II. MARCO TEÓRICO

La industria textil desempeña un papel vital en la economía global, proporcionando una amplia variedad de productos que van desde prendas de vestir hasta textiles para el hogar. Sin embargo, el proceso de producción textil conlleva una intensiva demanda de recursos hídricos y produce enormes cantidades de aguas residuales contaminadas.

Los múltiples métodos para el tratamiento de aguas residuales han presentado un sin número de cambios a lo largo del tiempo, permitiendo adaptarse a las necesidades presentes. Una de ellas es la búsqueda de procesos amigables con el ambiente. Respecto a lo mencionado por PRATAP (2022), la implementación de tratamientos amigables con el ambiente tiene como objetivo la integración de los principios de sostenibilidad, por lo que, el uso de compuestos orgánicos en el proceso y la implementación de los mismos contribuye con los propósitos de sostenibilidad.

Por otro lado, el suelo natural puede utilizarse como un tratamiento de las aguas residuales textiles. Este proceso puede ser una solución económica y sostenible para el tratamiento de aguas textiles en lugares donde no se dispone de tecnologías de tratamiento avanzadas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la eficacia de este proceso depende de diversos factores, incluyendo las características del suelo, las concentraciones y tipos de contaminantes presentes. Un punto a resaltar es que el suelo se encuentra clasificado por arenas, franco y arcilla, los estudios han revelado que tienen un gran potencial en el tratamiento de aguas residuales, lo que las ha convertido en una opción cada vez más popular y ampliamente usada como adsorbentes y en procesos de intercambio iónico (SULTANA *et al.*, 2022). A continuación, se presenta algunos trabajos relacionados al tema:

MARTÍN *et al.* (2018) usaron la arcilla con la finalidad de eliminar los colorantes presentes en las aguas residuales cuyo proceso es de bajo costo y beneficioso; para ello, la paligorskita de origen cubano (tipo de arcilla) evaluaron los parámetros fisicoquímicos con el objetivo de determinar su efectividad de adsorción de los colorantes con carga aniónica, como el rojo Congo (CR), y

colorantes con carga catiónica, como el azul de metileno (MB). Los resultados revelaron que las condiciones óptimas en pH fueron de 7-9 con una condición inicial en tinte de $0,1 \text{ mg mL}^{-1}$. Concluyeron que conforme a los estudios de difracción de rayos X, el uso de la arcilla natural fue eficiente en la adsorción de CR y MB provenientes de las aguas residuales.

Existen otras formas de tratar las aguas residuales industriales o domésticas con arcilla, EFEOVBOKHAN *et al.* (2019) realizaron filtros con materiales accesibles en su entorno como la arcilla roja y aserrín de 300 micrones, para ello llevaron a cabo ensayos con cuatro filtros de distintas proporciones, entre ellas fueron de 6/80 (muestra A), 5/80 (muestra B) 4/80 (muestra C), 2/80 (muestra D) y variaciones de muestras de aguas. Los resultados mostraron que las tasas de filtración iniciales de 140, 100, 50 y 20 ml/min para los filtros B, A, C y D, respectivamente. Posteriormente, después de 30 minutos de filtración, estas tasas disminuyeron de manera significativa, alcanzando aproximadamente 2.7, 1.7, 1.0 y 0.7 ml/min para A, B, C y D. En conclusión, los filtros fueron eficaces para el tratamiento de las muestras de aguas residuales e industriales.

ELBASTAMY *et al.* (2021) crearon columnas para eliminar los contaminantes presentes en las aguas residuales con el fin de darle un reuso para riego por medio materiales accesibles como la arena, grava y arcillas naturales como la zeolita (Z), diatomita (D) y bentonita (B) en 3 columnas denominadas Z, D y B. Los resultados indicaron que el agua de entrada presentaba concentraciones de 211 mg/L de sólidos suspendidos totales, 36,67 mg/L de demanda bioquímica de oxígeno, 56 mg/L de demanda química de oxígeno y 1700 mg/L de sólidos totales disueltos. La eficacia de eliminación de estos contaminantes mediante los métodos ZC varió del 96% al 21%, utilizando BC se situó en el rango del 99% al 29,8%, y con DC osciló entre el 99% y el 19,80%.

De acuerdo con YASSEN *et al.* (2019) llevaron a cabo un filtro con combinaciones de arena, bicarbon y medios de paja de teff, así mismo para la obtención de la velocidad del flujo adecuado tuvieron en cuenta que el caudal variaba entre 6, 23 y 17, 58 m^3 /día. Las variaciones del caudal que estudiaron para una óptima función del filtro fueron de 0,3, 0,4 y 0,5 L/min. La tasa de flujo de 0,4

L/min obtuvo efectos positivos en las muestras de agua, en cuanto a la eficiencia de eliminación de los contaminantes fue de 92% a $\geq 99\%$ en sólidos suspendidos totales y demanda biológica de oxígeno de 79% al $\geq 83\%$ teniendo correlación de DQO ($r = -0,84$), TS ($r = -0,83$) y DBO ($r = -0,81$). El estudio concluyó que la baja tasa de flujo promovió la formación de capas de torta, lo que ralentizó el proceso de filtración.

HASSAN *et al.* (2020) realizaron un filtro de arcilla con paja de arroz utilizando muestra de agua residual textil con colorante azul de metileno (MB), negro reactivo (RB) y rojo reactivo (RB) en concentraciones de 350 ppm a 500 ppm. Las arcillas estudiadas fueron arcilla sungai ibai y arcilla sungai linggi, así mismo el volumen de agua fueron de 200ml para la capa superior y 250 ml de la capa inferior. La función del filtro estuvo ligada al flujo, este varió entre $22,15 \text{ L/m}^2$ y $6,66 \text{ L/m}^2$ dependiendo de la concentración del filtro. El estudio concluyó destacando el potencial de la arcilla y la paja de arroz como filtro para aguas contaminadas con tintes textiles superando el 90% de eficiencia en remoción.

ABIDI *et al.* (2015) usaron efluentes tanto sintéticos como reales de las cuales contenían colorantes como Reactive Red 120, Reactive Orange 84 y Reactive Blue 160 con el objetivo de comprobar la eficiencia de absorción de la arcilla (Fouchana y Tabarka) añadido a la enzima catalasa para facilitar la adsorción de tintes aniónicos en la arcilla. Los resultados indicaron que el monitoreando de los cambios de absorbancia con en $\lambda \text{ máx.} = 553 \text{ nm}$ para el efluente A y $\lambda \text{ máx.} = 664 \text{ nm}$ para el efluente B. Mencionan que los patrones XRD del método de medición de color se recolectaron desde ángulos de escaneo de 3° a 65° , un paso hacia arriba de 0,02 s y una longitud de onda de $\lambda \text{ K } \alpha \text{ 1} = 1,54056 \text{ \AA}$. Concluyeron que la eficiencia de la arcilla se ve reforzada por las condiciones fisicoquímicas, como una alta fuerza iónica y un pH alto, en los efluentes.

Por otro lado, JAMIL *et al.* (2023) realizaron un adsorbente a base de arcilla bentonita de carbono para tratar aguas residuales textiles, centrándose en la eliminación del color por FTIR-8400, destacando el ajuste del pH para la disminución de la concentración de iones (H^+), favoreciendo la adsorción de cationes en sitios de adsorción negativos. En condiciones óptimas (pH 3, dosis de

100 mg de adsorbente, tiempo de contacto de 120 minutos), lograron una eliminación máxima del colorante del 89,9%. Establecen que la isoterma de Langmuir en su forma no lineal resultó mejor a la adsorción, con un q_{max} de 550 mg/g. La cinética de adsorción siguió un patrón no lineal de pseudoprimer orden, favoreciendo la quimisorción con $R^2 \approx 1$ y $X^2 = 0,22$.

AL-DMOUR *et al.* (2021) realizaron hetero estructuras a base de arcilla reforzadas con aluminio (Al) y circonio (Zr) para eliminar tinte Basic blue-41 de aguas sintéticas. Establecen que las pruebas de regeneración revelaron que la eficiencia de eliminación de Zr-PCH se mantuvo constante después de cinco ciclos de regeneración, con una pérdida del 15% en relación al valor original. En contraste, el Al-PCH obtuvieron una disminución del 45% en su eficiencia después de tres ciclos de regeneración. Los resultados mostraron una eliminación máxima de 279 y 332 mg/g, calculada a partir de la ecuación de Langmuir. Concluyeron que el aumento en la capacidad de eliminación de Zr-PCH resultó en una reducción de las cantidades para la eliminación del colorante BB-41, disminuyendo del 20% al 30%.

En relación con la longitud de onda que se tuvo en cuenta para la medición del color por FTIR para el colorante Acid blue 113, SENTHILVELAN, KANAGARAJ y PANDA (2014) realizaron análisis por espectroscópicos UV-vis en el rango de 200-750 nm en muestras de control y experimentales para medir la degradación del tinte. Utilizaron un espectrofotómetro Hitachi U-2000 con una longitud de onda máxima ($\lambda_{m\acute{a}x}$) de 560 nm, midiendo la disminución en la densidad óptica. Durante su análisis, el espectro continuó por 2 minutos, obteniendo 322 nm para el cambio en la absorbancia que se relaciona directamente con la tasa de degradación. Obtuvieron dos picos a 300 y 560 nm en la muestra no tratada. Esto indicó una degradación completa del tinte en la muestra experimental. Por último, observaron un nuevo pico a 400 nm, lo que sugiere una degradación de la estructura del tinte azoico.

AGHDASINIA y ASIABI (2018) buscaron la absorción del colorante catiónico azul de metileno por medio de las arcillas naturales iraníes (K, D y G), a partir de la solución acuosa en procesos discontinuos. Realizaron pruebas de adsorción utilizando isotermas de Langmuir, Freundlich y Temkin para analizar el equilibrio de

adsorción. Mencionan que la isoterma de Langmuir se ajustó mejor a los datos, y el modelo de pseudosegundo orden se adaptó al sistema de adsorción. En conclusión, el pH inicial de la solución influyó en la eficiencia de adsorción: la arcilla K mostró un aumento de eficiencia con un pH más alto, mientras que la arcilla D obtuvieron una eficiencia mínima y la arcilla G alcanzó un máximo. También observaron que el aumento de la temperatura redujo la eficiencia de absorción, lo que indica una adsorción exotérmica del MB en las arcillas.

Como se mencionó anteriormente, YIN (2019) estima que, la industria textil consume grandes volúmenes de agua, especialmente en procesos como el pretratamiento, blanqueo, teñido y estampación, donde se requieren aproximadamente entre 100 y 200 litros de agua de alta calidad por cada kilogramo de producto textil. Como resultado, se generan cantidades significativas de aguas residuales relacionadas con tintes. Estas aguas residuales textiles contienen componentes como materia orgánica y productos químicos tóxicos derivados de fijadores, detergentes, tintes y sales.

La adsorción se basa en la capacidad de los materiales de adsorción para retener moléculas contaminantes en su superficie, lo que resulta en la purificación del agua. En el caso de la muestra de suelo usada, su capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la presencia de sitios de adsorción negativos hacen que sea un candidato para el tratamiento de aguas textiles con colorantes aniónicos.

Para comprender mejor la naturaleza de los tintes utilizados en la industria textil, es fundamental conocer su clasificación, ya que esta diversidad química es esencial para abordar los desafíos relacionados con el tratamiento de aguas residuales textiles. BENKHAYA, M' RABET y EL HARFI (2020) mencionan que esta se clasifica según su estructura química como colorantes azoicos, tintes reactivos, tintes dispersos, tintes de azufre, tintes básicos, tintes directos y tintes ácidos.

Puntualmente, el colorante usado en la investigación, el Acid blue 5R o también conocido por su C.I. como Acid blue 113 es un colorante azoico, por lo que se caracteriza por ser de la categoría más usada y extensa de tintes por contener el grupo funcional azo (-N=N-), así mismo grupos aromáticos. De acuerdo con su denominación los tintes ácidos son especialmente efectivos en fibras como la lana,

nailon, cuero y la seda. Por último, los colorantes ácidos son típicamente tintes aniónicos (JAIN y GOGATE, 2017).

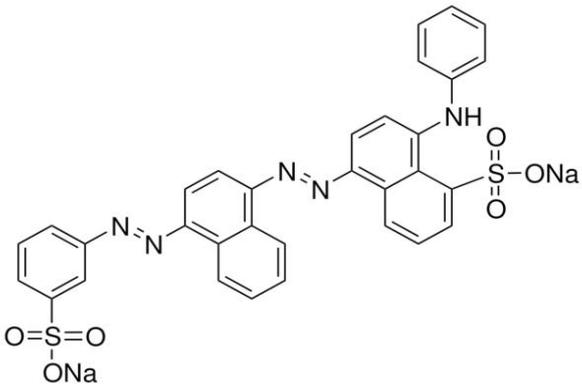
ZHANG, *et al.* (2022) señalan que los colorantes aniónicos contienen grupos cargados negativamente, conocidos como aniones, en su estructura molecular. Debido a su naturaleza iónica negativa, estos colorantes tienen afinidad por las fibras textiles, que generalmente tienen una carga positiva en su superficie. Esta afinidad les permite adherirse a las fibras y lograr una coloración efectiva.

En relación con los tipos de suelo, TÜMSAVAŞ *et al.* (2019) mencionan que la textura del suelo es la distribución proporcional de partículas de arena, limo y arcilla en una masa de suelo. La característica principal son las partículas donde la arena es de mayor tamaño, con un diámetro que varía entre 2,0 y 0,05 mm. Por otro lado, las partículas de limo son más diminutas, oscilando entre 0,05 y 0,002 mm, mientras que las partículas de arcilla tienen dimensiones inferiores a 0,002 mm.

Según National Center for Biotechnology Information (2023), la Información general relevante del colorante Acid blue 113 se resume en la Tabla 1:

Tabla 1. Información del colorante Acid blue 113

	Información
PubChem CID	18776

Estructura	
Nombre IUPAC	disódico;8-anilino-5-[[4-[(3-sulfonatofenil)diazenil]naftalen-1-il]diazenil]naftaleno-1-sulfonato
Formulación empírica	$C_{32}H_{21}N_5Na_2O_6S_2$
CAS	3351-05-1
Peso molecular	681.65
$\lambda_{\text{máx}}$	566 nm - 560 nm
ϵ (extinction coefficient)	≥ 18000 at 563-569 nm en H ₂ O at 0.02 g/L
Descripción física	Polvo seco

Se apreció en la Tabla 1, que el $\lambda_{\text{máx}}$ del colorante es entre 566 nm - 560 nm, por lo que, para la investigación se tomó en cuenta estos rangos para la medición del color por espectrofotometría UV-VIS.

Algunos de los términos que se tuvo en cuenta es la sustentabilidad, ya que contribuyó con la concientización de los problemas ambientales que se afrontan actualmente; según GRACIA (2022), la sustentabilidad está haciendo que las personas obtén por cambios con el fin de preservar los recursos naturales que se tiene buscando la existencia del equilibrio entre la evolución humana y la conservación del ambiente generando alternativas de solución más sustentables. De modo que dicho esto, se respalda la idea de desarrollar soluciones sostenibles en el tratamiento de aguas residuales textiles, utilizando recursos renovables como el suelo natural.

MUÑOZ-ALEGRÍA, MUÑOZ-ESPAÑA y FLÓREZ-MARULANDA (2021) afirman que el tratamiento de aguas tiene diferentes técnicas entre ellas biológicas como la filtración por membrana, técnicas físicas como la separación por gravedad y técnicas químicas. En consecuencia, a ello, consiste en un conjunto de operaciones unitarias que para degradar los contaminantes usan sustancias que muchas veces pueden ocasionar consecuencias a largo plazo; en resumidas cuentas, lo que se busca principalmente con el tratamiento de aguas es disminuir o eliminar los contaminantes presentes (NAWARKAR Y SALKAR, 2019) en este caso los colorantes del tipo azo.

Algunos de los enfoques conceptuales, por la cual fueron de mayor relevancia en la investigación es el potencial de hidrógeno (pH); según SAALIDONG *et al.* (2022), es uno de los parámetros fisicoquímicos que influye en gran medida en los parámetros de la calidad del agua. Por otro lado; KUBITZA (2017) explica que los rangos de pH se dan entre 0 y 14 siendo 7 el neutro, mayores a 7 alcalino y menores de 7 ácidos. Así mismo, la temperatura es uno de los parámetros a evaluar de forma *in situ*, por lo que puede presentar variaciones afectando la concentración de saturación de oxígeno disuelto. Sin embargo, para CORREA, SOARES y RIBEIRO (2020) establecen que la temperatura también afecta a la vida bacteriana que se encuentran en las aguas residuales.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación se llevó a cabo con un **enfoque** cuantitativo, ya que debido a la naturaleza de su diseño necesitó analizar datos numéricos, gráficos y tablas permitiendo recopilar los datos a obtener y, facilitar la comprensión satisfactoria (HAMEED, 2020).

El **tipo de investigación** fue aplicada permitiendo dar un enfoque práctico con orientación a solucionar el problema planteado de forma sencilla y aplicable. Lo que buscó este tipo de investigación fue implementar y después observar e identificar el impacto que tuvo el proceso.

El diseño por la cual se rigió la investigación fue experimental, ya que permitió la manipulación de la variable dependiente del estudio, conllevando el control sobre la metodología manejada (ASENAHABI, 2019). En cuanto al **tipo de diseño** este fue cuasiexperimental debido a la comparación del pre y post tratamiento que tuvo el tratamiento de agua sintética textil mediante filtro a base de empaques de suelo natural con aserrín en el laboratorio de la universidad.

3.2. Variables y operacionalización

Las variables por la cual la investigación se centró fueron las siguientes:

- Dependiente: Tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113.
- Independiente: Filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín.

La información detallada se encuentra en la matriz de operacionalización ubicada en el Anexo 1.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

La población de la presente investigación tuvo en cuenta las aguas residuales textiles, para ello los **criterios de inclusión** se consideraron el agua sintética conteniendo colorante textil C.I. Acid blue 113, así mismo los

critérios de exclusión fueron aquellas aguas con cualquier otro colorante no considerado en la investigación.

La **muestra** que se consideró fue de 30 litros de agua sintética para las pruebas con el filtro en general, ya que es una selección representativa y manejable para todas las pruebas que se hicieron con el filtro a nivel laboratorio.

En relación con el **muestreo** este fue de tipo no probabilístico por conveniencia, ya que permitió ajustarse a los criterios requeridos para la investigación.

La **unidad de análisis** estuvo definida por una muestra de 1 litro de agua sintética por cada prueba realizada en los laboratorios.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La **técnica de recolección de datos** que se utilizó en la investigación fue por medio de la observación; así mismo, se tomaron los datos de los resultados adquiridos de pruebas tanto de tiempo, proporción porcentual de los componentes en los empaques, eficiencia del filtro y las características del filtro diseñado.

El **instrumento** se elaboró mediante fichas de recolección de datos de las cuales estuvieron constituidas por dimensiones a evaluar que permitieron el registro y la organización de la información de manera sistemática, ordenada y eficiente, contribuyendo con la confiabilidad de los datos obtenidos.

Los instrumentos que fueron validados a juicio de expertos se realizaron por medio de **4 fichas** que se mencionan a continuación:

- Ficha de registro de parámetros de la muestra inicial.
- Ficha de variación en proporción porcentual de los componentes y tiempo.
- Ficha de registro de resultado final del tratamiento y remoción del filtro.

- Ficha de diseño y características del filtro.

Añadido a ello, **la validación** de los datos fue por medio de evaluación por juicio de expertos de las cuales se le dio una valoración a cada instrumento, como se puede observar en la Tabla 2.

Tabla 2. Valoración por juicio de expertos.

N°	Experto	Valoración			
		Instrumento 1	Instrumento 2	Instrumento 3	Instrumento 4
1	Lizarzaburu Aguinaga, Danny	90 %	90 %	90 %	90 %
2	Acosta Suasnabar, Eusterio	85 %	85 %	85 %	85 %
3	Bañon Arias, Jonnatan	90 %	90 %	90 %	90 %
Promedio de valoración		88 %	88 %	88 %	88 %

La **confiabilidad** de los instrumentos se obtuvo por medio del promedio obtenido de la valoración por parte de los expertos, dicho promedio fue del 88% proporcionando credibilidad a la investigación. Por último, de acuerdo con MOHAJAN (2017), se entiende que las fichas presentadas tienen claridad, coherencia y relevancia en los puntos importantes, por la cual definen la calidad de los indicadores de los instrumentos, teniendo como resultado la disminución de oportunidades de incertidumbre en la investigación.

3.5. Procedimientos

La presente investigación fue llevada a cabo de acuerdo a las siguientes etapas: la determinación de los parámetros a evaluar, el diseño y armado del filtro para los empaques de suelo natural, el proceso de

formación y realización de los empaques con las distintas variaciones de composición, el proceso de medición del espectro (UV-VIS). Todo lo mencionado se puede observar en la Figura 1.

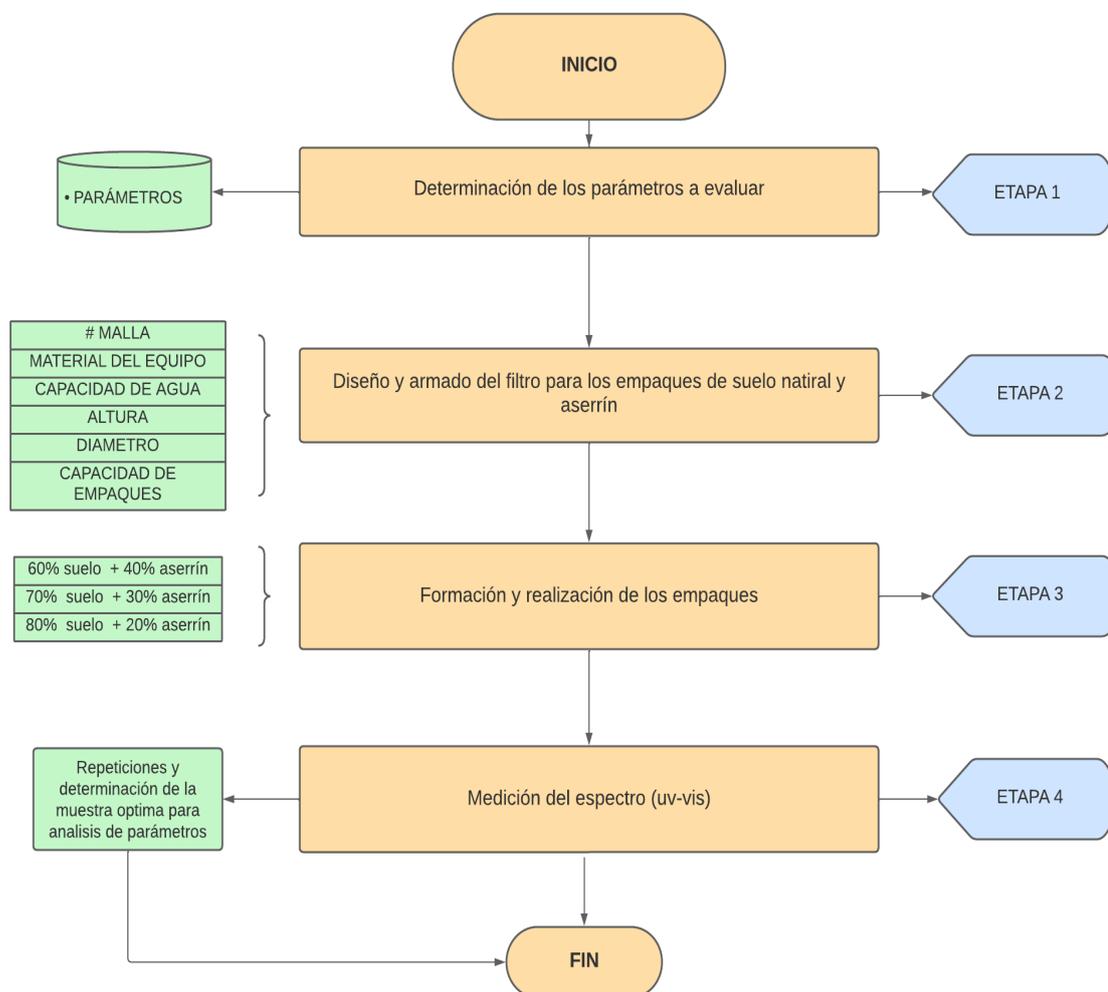


Figura 1. Etapas de los procedimientos de la investigación

Antes de la descripción de las etapas fue indispensable conocer de donde era proveniente la muestra de suelo natural. Esta se ubica en el departamento de La Libertad, provincia de Trujillo, distrito de Santiago de Chuco con coordenadas en latitud de 8° 9'19.11"S, y longitud de 78°10'2.92"O. Todo lo mencionado previamente se encuentra en la Figura 2:

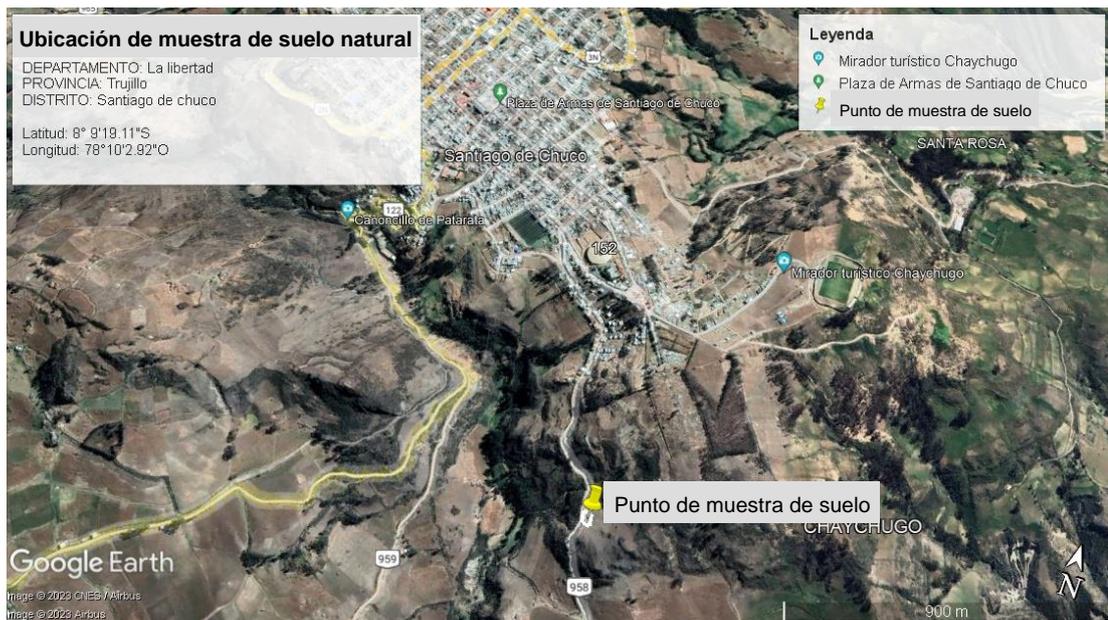


Figura 2. Ubicación de la muestra de suelo natural

El punto de recolección del suelo natural se encuentra entre la carretera 958 cercana a la plaza de armas de Santiago de Chuco como se puede observar en la Figura 2.

ETAPA 1: Determinación de los parámetros evaluado

Los parámetros que se consideraron necesarios evaluar para la investigación fueron la temperatura, color y pH del agua, por lo que a continuación se menciona el proceso que se siguió (ver Figura 3):

Temperatura:

1. Se utilizó un termómetro adecuado, este debe estar calibrado correctamente.
2. Se sumergió el termómetro en la muestra de agua y se dejó estabilizar hasta que la lectura fue constante.
3. Se registró la temperatura en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$) de acuerdo con la escala utilizada.

pH:

1. Revisar que el phmetro estuvo calibrado correctamente.
2. Se enjuagó el electrodo del medidor con agua destilada y luego se sumergió en la muestra de agua.

3. Se dejó que la lectura se estabilice.

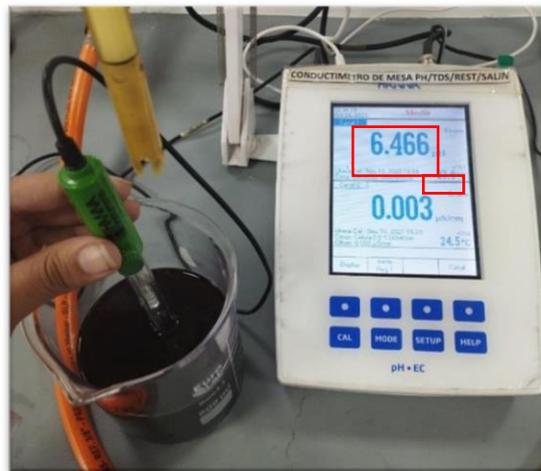


Figura 3. Medición de pH y temperatura de muestra

ETAPA 2: Diseño y armado del filtro para los empaques de suelo natural y aserrín

Se trató de usar materiales accesibles para el funcionamiento adecuado del filtro, en cuanto a la estructura se diseñó para que este sea sencillo de usar.

Materiales

- 3 llaves de paso de ½ pulgada.
- Unión de PVC de 10 cm.
- Entrada de ducha de 10 cm de diámetro.
- Mallas finas.
- 2 tubos de vidrio de 10 de diámetro y 30 de alto.
- Manguera de 1.5 de diámetro.
- Manguera transparente de ½ pulgada.
- Pistola de silicona caliente.
- Silicona multiusos.
- Esmalte gris.
- Triple con ajuste.
- Teflón

Armado del filtro para el tratamiento

1. Ingreso del agua

Para el ingreso del agua se utilizó una entrada de ducha, fue indispensable que esta tuviera 10 cm de diámetro y 2 ingreso para tubo (ver Figura 4), esto para asegurar que el agua ingresara de manera uniforme a todo el diámetro del filtro. Se cortó 5 cm de alto de la unión de PVC y se procedió a pegarlo (con silicona multiusos) con la entrada de ducha formando de esta forma una tapa donde ingresó la muestra de agua (ver Figura 5).



Figura 4. Dimensión de la tapa



Figura 5. Tapa del filtro

Por otra parte, para ajustar la entrada de agua mediante la llave de paso (para cada tiempo), se empleó un triple con un reforzamiento de teflón, y se superpuso una manguera transparente de $\frac{1}{2}$ pulgada. Esto permitió la

observación de la muestra que entra en el filtro y evitó cualquier posible fuga (ver Figura 6).



Figura 6. Ingreso del filtro

2. Mallas del filtro

En lo que respecta a las mallas del filtro, la función principal fue capturar cualquier sólido que pudiera haberse desplazado a través del filtro, incluyendo partículas procedentes de la muestra y los empaques.

En cuanto al diámetro de los aros que sostenían las mallas, estos se mantuvieron en 10 cm, asegurando que estuvieran en conformidad con las especificaciones requeridas. Cada aro estuvo fijado cuidadosamente a lo largo del tubo (ver Figura 7).



Figura 7. Localización de las mallas del filtro

3. Salida de la muestra

Para la salida de la muestra tratada, se practicó un orificio de 1.5 cm en el lateral del tubo de vidrio, situándolo a 3 cm por encima de la base. La unión entre el tubo de escape y el tubo de vidrio se efectuó mediante una junta de goma anti filtraciones, asegurando que el agua no se fugara. En este proceso, se utilizó silicona multiusos para lograr una adherencia óptima (ver Figura 8).



Figura 8. Salida de la muestra tratada

Finalmente, se muestran las dimensiones y características principales que tuvo el filtro (ver Tabla 3), así mismo se resalta que fue indispensable que todas las medidas fueran las precisas para asegurar un óptimo funcionamiento de equipo:

Tabla 3. Dimensiones del filtro

Dimensiones	Unidad	Información
Material de la malla	-	Malla filtrante
Material del equipo	-	Para la investigación de VIDRIO
Capacidad de agua	L	3
Altura	cm	68
Diámetro	cm	10
Cantidad de empaques	g/unid.	4 g. /100 unid.

Un punto a tomar en cuenta es que las medidas que se tuvieron fueron en función a los tubos de vidrio, ya que estos fueron la parte más importante de la investigación, así mismo este se consideró de vidrio, ya que se

necesitaba ver el proceso por dentro del filtro en relación al tratamiento; sin embargo, el material por la cual debe ser es de acero inoxidable. Así mismo, la cantidad de empaques son de 100 unidades, pero esto dependerá de cuánta eficiencia en remoción de colorante se quiera obtener como resultado.

Seguidamente, se muestra las distintas vistas del equipo, medidas y cantidad de las piezas que tuvo el filtro (ver Figura 9):

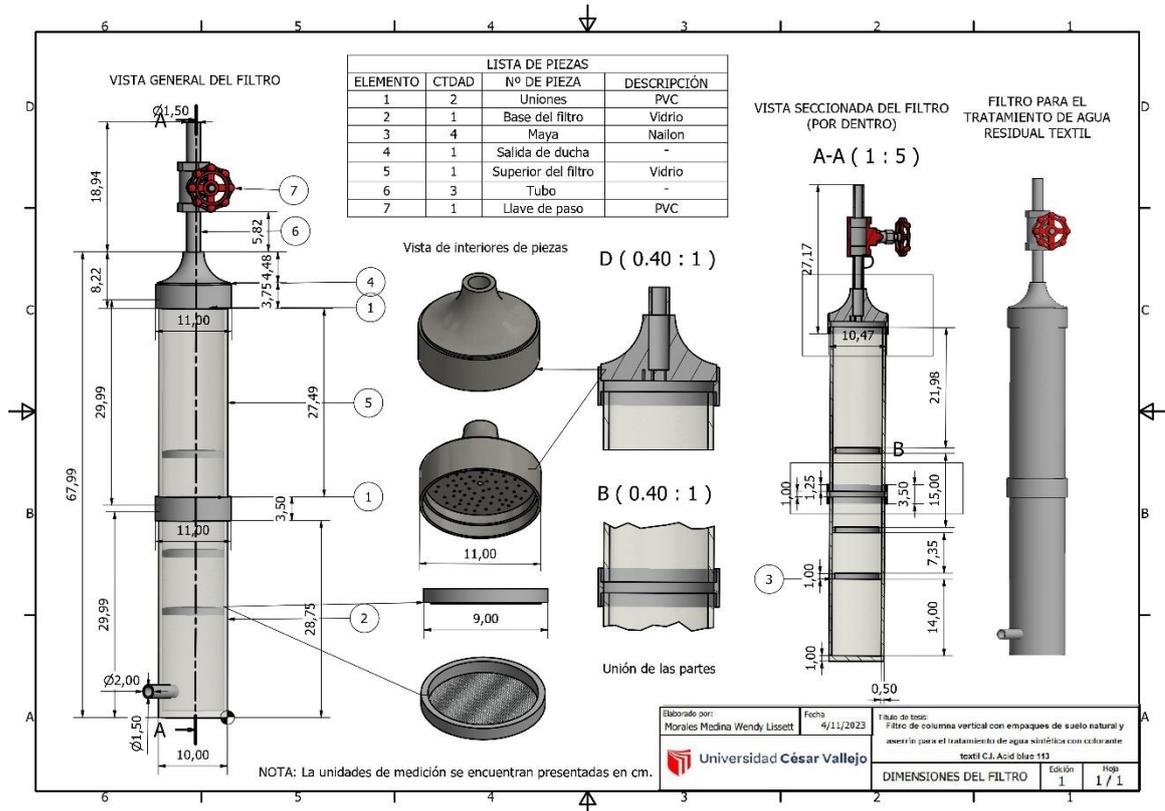


Figura 9. Dimensiones del filtro

La división del centro se debe a que el filtro fue en dos partes, ya que este permitió la óptima limpieza de todas las partes y así mismo el transporte que conlleva. Es indispensable que todas las piezas sean de las medidas exactas para evitar fugas y alteraciones en los resultados. Por último, los empaques se encuentran ubicados entre la 2da y 3ra malla junto a la unión de las dos partes de los tubos del filtro, es decir que para la cantidad de 100 empaques es necesario tener un espacio de 15 cm de alto.

IV. Funcionamiento del filtro

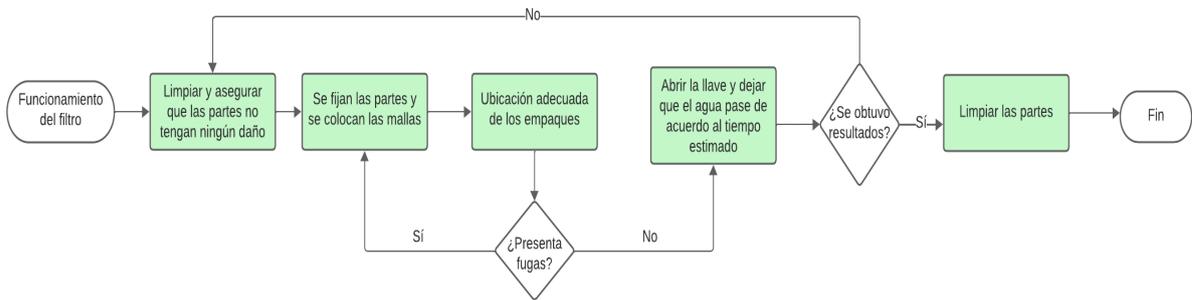


Figura 10. Proceso de funcionamiento del filtro

Como se observa en la Figura 10, el funcionamiento correcto del filtro consta de pasos necesarios para obtener los resultados esperados, estos se detallarán a continuación:

- Los componentes del filtro estuvieron bien asegurados y sin daños con el objetivo de evitar fugas de la muestra de agua.
- Se colocaron las mallas en las distancias estimadas permitiendo tener tiempo en retención en cada etapa.
- Se ubicaron los empaques adecuadamente y se vertió lentamente el agua sintética con colorante en la parte superior del filtro (ingreso). El agua pasó a través de las mallas de tela de filtro, empaques de suelo y aserrín hasta la salida del mismo.
- Se recogió el agua filtrada en un recipiente. Esta agua estuvo visiblemente más clara en relación al color que poseían antes de pasar por el filtro.
- Se limpiaron y reutilizaron los materiales del filtro. Esto permitió observar si la eficiencia de los empaques disminuía con cada pasada o limpieza de los mismos.

La eficacia del filtro dependió de varios factores, incluyendo la calidad de los materiales utilizados y la carga de color en el agua tratada (ver Figura 11).

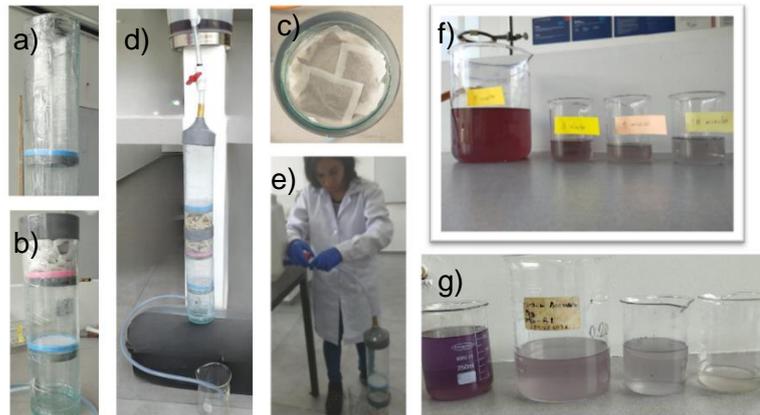


Figura 11. Uso del filtro: a) Superior, b) inferior, c) empaques, d) armado completo, e) vertimiento de agua, f) resultados M1 y g) resultados M8.

ETAPA 3: Formación y realización de los empaques

Antes de formar los empaques se realizó una prueba de la muestra de suelo para ver si este cumplía con la tarea de absorber el colorante, para ello se utilizó los tubos de ensayo para ver mejor el resultado (ver Figura 12):

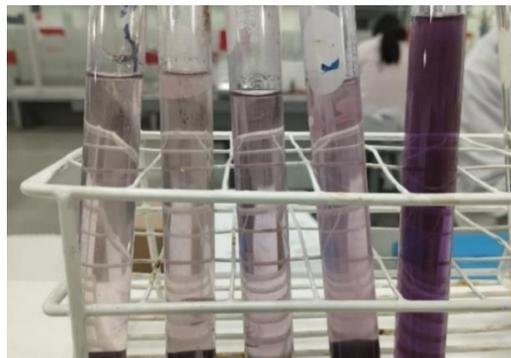


Figura 12. Prueba de suelo con el colorante

Como se observa, visiblemente la muestra de suelo utilizada adsorbe el colorante, por lo que se puede utilizar para la investigación.

Por otro lado, las proporciones que se utilizaron en los empaques y las características que este tuvo se mostrarán en la Tabla 4:

Tabla 4. Características de los empaques

Características	Unidad	Información
Cant. de empaques de referencia	Unid.	100

Cant. Mezcla por empaques		g.	4
Cant. total de las mezclas por proporciones		g.	400
Dimensiones de los empaques	Alto	mm	6
	Ancho	mm	7
	Material	-	Papel filtrante
Proporciones	60% suelo - 40% aserrín	g.	240 g. suelo – 160 g. aserrín
	70% suelo - 30% aserrín	g.	280 g. suelo – 120 g. aserrín
	80% suelo – 20% aserrín	g.	320 g. suelo – 80 g. aserrín

Fue indispensable que las cantidades de las proporciones fueran las precisas para que cada empaque tenga el peso adecuado. A continuación se presenta el procedimiento que llevó a realizar los empaques:

- **Materiales**

- suelo
- Aserrín
- Sobres filtrantes
- Plancha

- **Realización de los empaques**

1. *Preparación de la mezcla:*

En un recipiente, se mezcló suelo natural tamizado con un tamiz #300 y aserrín en proporciones adecuadas (ver Figura 13). La proporción exacta varió según las necesidades específicas del proceso (ver Figura 14):



Figura 13. Proporciones suelo natural y aserrín



Figura 14. Preparación de la mezcla

2. Formación de los empaques:

- Se abrió los empaques y verificó que no tengan ningún defecto (ver Figura 15).



Figura 15. Estado de los empaques

- Con la ayuda de un embudo se agregó la mezcla a los empaques y se verificó que contengan 4 g. por empaque (ver Figura 16).



Figura 16. Verificación del peso del empaque

- Se selló la parte abierta con una plancha caliente a 390 °C (ver Figura 17).



Figura 17. Formación del empaque

3. Almacenamiento:

Una vez que los empaques estuvieron completamente sellados se almaceno en una bolsa con zip-plot para evitar que puedan malograr o ingresar algún líquido no deseado (ver Figura 18):

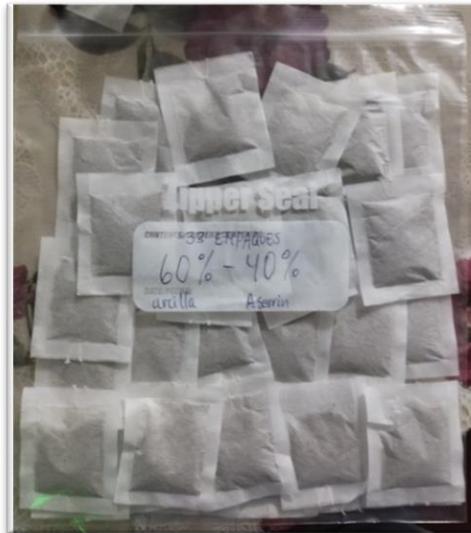


Figura 18. Almacenamiento de empaques

Por último, se presenta como quedó la mezcla de las proporciones pre y post tratamiento (ver Figuras 19 y 20):



Figura 19. Muestra del suelo y aserrín pretratamiento



Figura 20. Muestra del suelo y aserrín post tratamiento

Como se evidencia en la Figura 19, la mezcla durante el pre tratamiento se aprecia más clara y sin la presencia de cierta tonalidad del colorante, mientras que en la Figura 20 del post tratamiento se observa con tonalidades más oscuras y gránulos de mayor tamaño.

ETAPA 4: Medición del espectro (UV-VIS)

La espectroscopía UV-Vis (Ultravioleta-Visible) se utilizó para medir la absorbancia de la luz en la región del espectro electromagnético. Se presenta el proceso que se siguió:

- *Muestra pos-tratamiento:*

La muestra obtenida después de pasar por el filtro se le agregó al vial que se utilizó para la medición.

- *Calibración del Espectrofotómetro:*

El espectrofotómetro debió estar correctamente calibrado antes de su uso. Esto implicó ajustar cero con el blanco (agua destilada en el vial) y asegurarse de que las condiciones iniciales fueran las adecuadas.

- *Selección de la Longitud de Onda:*

Se seleccionó la longitud de onda (λ) en la región de UV-Vis que se analizó. La elección de λ depende de las propiedades de la muestra y lo que se busca medir, en este caso fue de 563.

- *Medición de la Muestra:*

La muestra del resultado del post tratamiento en el vial se colocó en la celda del espectrofotómetro y se midió la absorbancia a la longitud de onda seleccionada. La absorbancia es una medida de cuánta luz de la longitud de onda en particular es absorbida por la muestra.

- *Interpretación de Resultados:*

El espectro UV-Vis proporcionó información sobre la concentración del colorante que tenía antes y después del tratamiento. El equipo de espectrometría que se utilizó para los resultados se observa en la Figura 21.



Figura 21. Espectrofotómetro PG Instruments T80 UV/VIS

3.6 Método de análisis de datos

El método por la cual la investigación se realizó fue por medio de la estadística descriptiva, para ello el software que se utilizó en el procesamiento de los datos obtenidos fue mediante Microsoft Excel, ya que contribuyó con la elaboración de gráficos y generación de tablas; por otro lado, el uso del software SPSS (Statistical Package for Social Sciences) permitió llevar a cabo determinadas pruebas estadísticas.

3.7. Aspectos éticos

El estudio se realizó siguiendo los principios éticos establecidos por la institución como el código de ética RCUN°0340-2021-UCV, el reglamento de propiedad intelectual RCUN° 0531-2021-UCV, el protocolo de sustentación RRN°216-2020-UCV, las líneas de investigación RCU N°200-2018-UCV y la resolución rectoral N°062-2023-VI-UCV de la Universidad César Vallejo. En lo que respecta a los instrumentos de recolección de datos fueron validados por profesionales conocedores del tema. En relación a la información que se usó y las referencias bibliográficas se realizaron bajo las normas ISO 690; así mismo la investigación fue sometida al software TURNITIN de esta forma se buscó disminuir el índice de coincidencias en otros trabajos. La investigación es para todo el público en general por lo que se hizo para una comprensión sencilla y clara.

IV. RESULTADOS

De manera general se presentaron datos tales como la caracterización de la muestra de suelo, pre tratamiento, los datos de los resultados de la variación de la composición de los empaques, post tratamiento y la eficiencia de los empaques con la remoción del color, cada una de estas con sus respectivas tablas y gráficos.

- **Caracterización del suelo natural**

Las características del suelo usada para los empaques se muestran a continuación (ver Tabla 5 y Anexo 5):

Tabla 5. Características del suelo natural

Caracterización	Unidad	Resultado	
pH	(1:1)	7.23	
C.E. (1:1)	dS/m	14.56	
CaCO ₃	%	0.09	
M.O.	%	0.60	
P	ppm	18.7	
K	ppm	1730	
Análisis Mecánico	Arena	%	46
	Limo	%	41
	Arcilla	%	13
Clase textural	-	Fr.	
CIC		9.76	
	Ca ⁺²	4.85	
Cationes Cambiables	Mg ⁺²	meq/100g	2.47
	K ⁺		1.64
	Na ⁺		0.80
	Al ⁺³ + H ⁺		0.00
	Suma de cationes		-
Suma de bases	-	9.76	
% Sat. De Bases	-	100	

Fuente: Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), 2023.

En este caso, el suelo tuvo una CIC moderada de 9,76 meq/100g. Los cationes cambiables dominantes en el suelo son el Ca⁺² y Mg⁺², con la cantidad de K⁺ y Na⁺ presentes siendo relativamente baja. La cantidad total

de cationes y bases en el suelo es de 9,76 meq/100g, lo que indica que el suelo es eléctricamente neutral.

El suelo catiónico es aquel que tiene una alta capacidad para unirse a iones cargados positivamente, como calcio (Ca⁺²) o magnesio (Mg⁺²). Cuando el suelo tiene una capacidad de intercambio catiónico alta (es decir, es catiónico) y se le agrega una muestra de agua que contiene un colorante con carga negativa (es decir, es aniónico), se puede producir una adsorción de los colorantes en los sitios de intercambio de cationes. Esto se debe a que los iones en la solución del colorante (aniones) pueden intercambiar con los cationes del suelo presentes en los sitios de intercambio de cationes del suelo.

- **Curva de calibración**

La fórmula para determinar el ppm del colorante (parte por millón) utilizado en la curva de calibración es la siguiente:

$$\text{PPM} = (\text{solute/disolución}) * 1000000$$

Donde:

- Solute: Colorante en g.
- Disolución= Agua diluida en ml.

Partiendo de lo anterior, se obtuvo los siguientes datos para la curva de calibración y de referencia (ver Tabla 6):

Tabla 6. Absorbancia vs ppm del colorante Acid blue 113.

Absorbancia	PPM
0.092	4.70
0.123	6.00
0.166	8.00
0.202	10.20
0.233	12.10
0.327	16.10
0.388	19.00

La Tabla 6 se realizó en base al mínimo y máximo en datos de absorbancia durante la investigación, esto con el objetivo de tener una base de intervalos de referencia. A continuación, se presenta la curva de calibración del colorante Acid blue 113 (ver Figura 22):

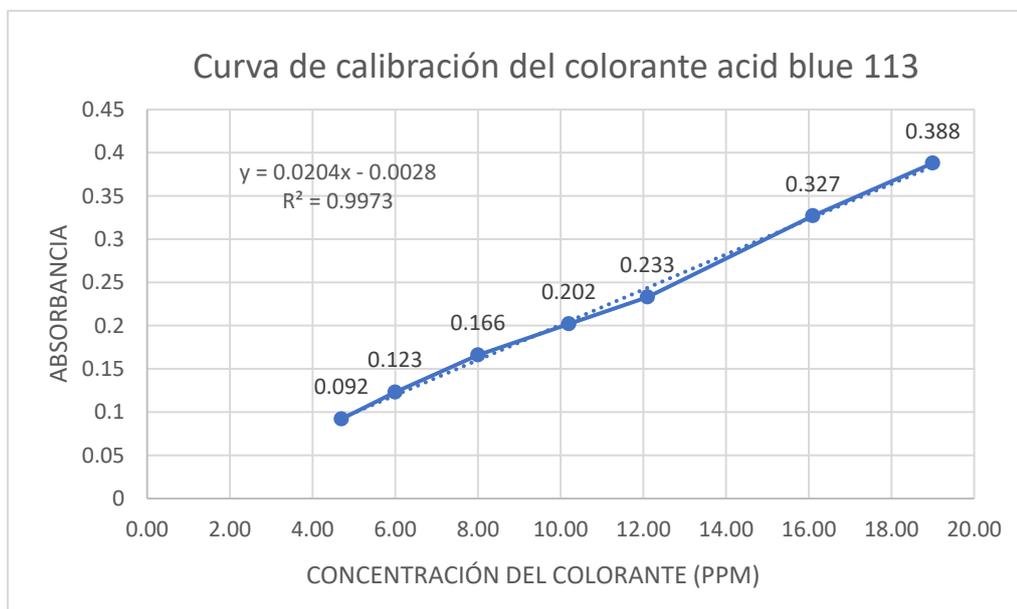


Figura 22. Curva de calibración.

La curva de calibración se llevó a cabo por medio de 7 muestras a distintas concentraciones, como resultado de ello el R^2 es 0.9979 esto quiere decir que existe un criterio de aceptación de la linealidad en relación a la longitud de onda de $\lambda = 563 \text{ nm}$.

Por otro lado, las muestras permitieron comparar los datos obtenidos y determinar la remoción del colorante que pudo tratar el filtro. Los datos mencionados anteriormente se mostrarán a continuación:

- **Resultados del pre tratamiento**

Se tomó en cuenta la caracterización de la muestra de agua con colorante antes y después de bajar el pH midiendo la temperatura, color y pH (ver Tabla 7).

Tabla 7. Parámetros iniciales

Caracterización	Unidad	Resultados	
		Sin cambio de pH	Con cambio de pH
Temperatura	C°	23.7	24.0
Color	abs	0.251	0.242
pH	0-14	6.89	2.68
Colorante	g	0.132	-

De acuerdo con la Tabla 7, se utilizó 0.132 gramos del colorante por litro de agua teniendo una absorbancia de 0.251, pero al bajar el pH hasta 2.68 este cambio ligeramente a 0.242 de absorbancia.

- **Variación de la composición de los empaques y tiempo**

Los datos representaron valores numéricos que indicaron la cantidad de luz absorbida por la muestra en una longitud de onda específica. Se llevaron a cabo tres pruebas por cada tiempo y proporción (ver Tabla 8):

Tabla 8. Resultados en absorbancia

Código de muestra	Proporción porcentual de los componentes		Tiempo (Min)	(Abs)			Prom. (Abs)
	Suelo	Aserrín		P1	R2	R3	
	(%)	(%)					
M1	60	40	3	0.177	0.151	0.152	0.160
M2	70	30		0.166	0.145	0.130	0.147
M3	80	20		0.152	0.176	0.172	0.167
M4	60	40	5	0.162	0.146	0.146	0.151
M5	70	30		0.149	0.128	0.117	0.131
M6	80	20		0.138	0.148	0.145	0.144
M7	60	40	10	0.147	0.141	0.139	0.142
M8	70	30		0.117	0.121	0.108	0.115
M9	80	20		0.104	0.118	0.118	0.113

Para determinar si los resultados obtenidos estaban acorde al criterio de aceptación de la linealidad en relación a la longitud de onda de $\lambda = 563$ nm se realizaron los siguientes gráficos en relación al tiempo y la absorbancia por cada porcentaje de proporción utilizada en la primera prueba, ya que este presentó el valor más óptimo en remoción del colorante (ver Figuras 23, 24 y 25):

Tabla 9. 60 % - 40% (P1)

60 % - 40 %	
Tiempo (min)	Absorbancia
3	0.177
5	0.162
10	0.147

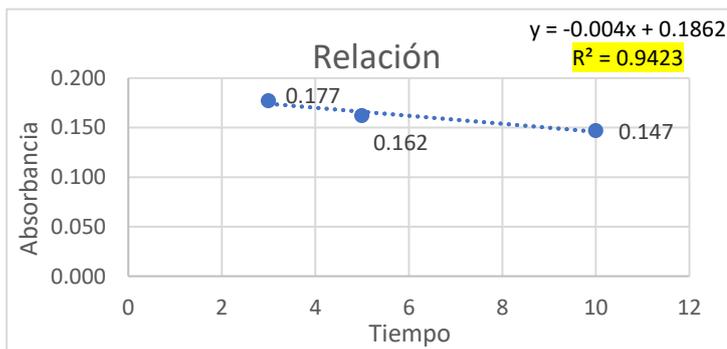


Figura 23. Línea de tendencia 60%-40% primera prueba.

Como se observa en la Tabla 9 se consideraron sólo datos de 60% – 40% de la primera prueba debido a que se quiso ver el resultado que se obtendría sin ningún reusó del empaque. Por otro lado, en la Figura 23 se muestra la relación que tendría los resultados de absorbancia obtenida con el tiempo en una línea de tendencia, para conocer si este era acorde se determinó el R^2 siendo 0.9423 lo que significa que mientras el valor se acerque más 1 indica que existe una fuerte correlación.

Tabla 10. 70 % - 30% (P1)

70 % - 30 %	
Tiempo (min)	Absorbancia
3	0.166
5	0.149
10	0.117

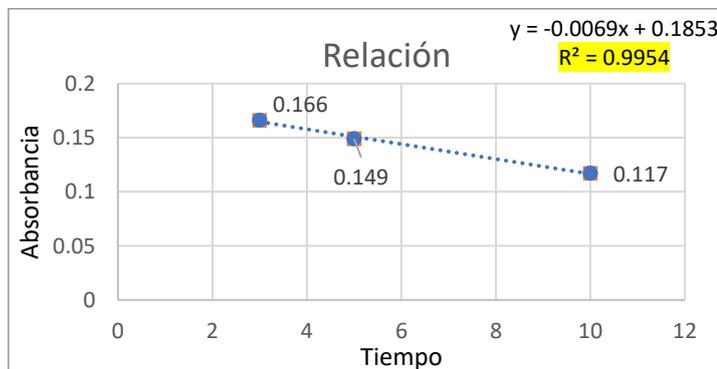


Figura 24. Línea de tendencia 70%-30% primera prueba.

De acuerdo a la Tabla 10 se muestran resultados que indica que mientras más tiempo de contacto se tenga con los empaques de 70% - 30% existe una mayor remoción de colorante. En cuanto a la Figura 24 el valor del coeficiente de determinación R^2 de 0.9954 es muy cercano a 1, lo que sugiere que los puntos de datos se ajustan bien a la línea de tendencia y existe una fuerte correlación entre las variables.

Tabla 11. 80 %- 20% (P1)

80 % - 20 %	
Tiempo (min)	Absorbancia
3	0.152
5	0.138
10	0.104

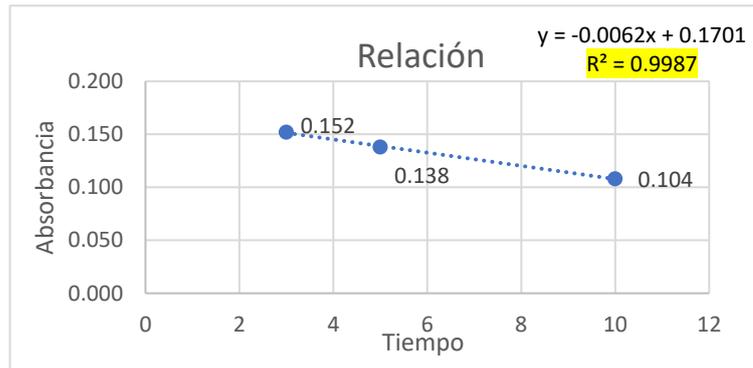


Figura 25. Línea de tendencia 80%-20% primera prueba.

Con los datos de la Tabla 11 se determinó que el valor del coeficiente de determinación R^2 es 0.9987, lo que indica que los puntos de datos tienen una fuerte correlación y se ajustan muy bien a la línea de tendencia (Figura 25). Esto sugiere que, en general, la ecuación de la línea de tendencia podría utilizarse para predecir valores futuros de Y basados en valores conocidos de X.

En relación a la Tabla 7 se determinó la concentración inicial teniendo en cuenta la curva de calibración y la absorbancia, por lo que en base a ello se obtuvo como resultado que la **CC INICIAL = 12.567**, este dato se utilizó para determinar el porcentaje de remoción.

Para las concentraciones del colorante de las pruebas se utilizó los datos obtenidos del “y” de la curva de calibración, teniendo como fórmula la siguiente:

$$CC = ((abs + 0.0204) / 0.0028) * 1$$

Donde:

- Abs= absorbancia
- 0.0204= 0.0204x

Un punto importante a considerar es que, si bien se utilizaron empaques especiales para retener las proporciones dentro de ella, estas presentaban retención del color después de ser utilizada, por lo que se consideró necesario

determinar cuánto era el % de retención que presentaba como para tener un conocimiento del mismo; a continuación, se presenta la referencia de empaques utilizadas y otros puntos (ver Tabla 12):

Tabla 12. % de retención del colorante a los empaques

Cant. de empaques de referencia (unid)	Agua con colorante (ml)	Abs inicial	Abs final	% de retención
10	100	0.205	0.199	2.93

Por consiguiente, se presentarán los datos obtenidos en las concentraciones, el porcentaje de remoción, el promedio (prom.) de las concentraciones y la remoción total de todas las pruebas para cada tiempo y proporción (ver Tabla 13):

Tabla 13. Resultados de concentración en ppm

CC Inicial		12.567	Pruebas (abs)						Prom. (ppm)	% Remoción (prom)
Proporción porcentual de los componentes		Tiempo (min)	Concentración n (ppm)	% remoción p1	Concentración n (ppm)	%remoción r2	Concentración n (ppm)	%remoción r3		
Suelo (%)	Aserrín (%)									
60	40	3	8.814	30	7.54	40	7.59	40	7.98	36
		5	8.078	36	7.29	42	7.29	42	7.55	40
		10	7.343	42	7.05	44	6.95	45	7.11	43
70	30	3	8.275	34	7.25	42	6.51	48	7.35	42
		5	7.441	41	6.41	49	5.87	53	6.57	48
		10	5.873	53	6.07	52	5.43	57	5.79	54
80	20	3	7.588	40	8.76	30	8.57	32	8.31	34
		5	6.902	45	7.39	41	7.25	42	7.18	43
		10	5.24	58	5.92	53	5.92	53	5.69	55

En relación a la Tabla 13, los tiempos establecidos se observan que en promedio del primer tiempo de 3 minutos la proporción de 70-30 es óptima, en cuanto al tiempo de 5 minutos la proporción de 70-30 es óptima y, por último, a los 10 minutos la proporción de 80-20 es óptima a comparación de otras proporciones.

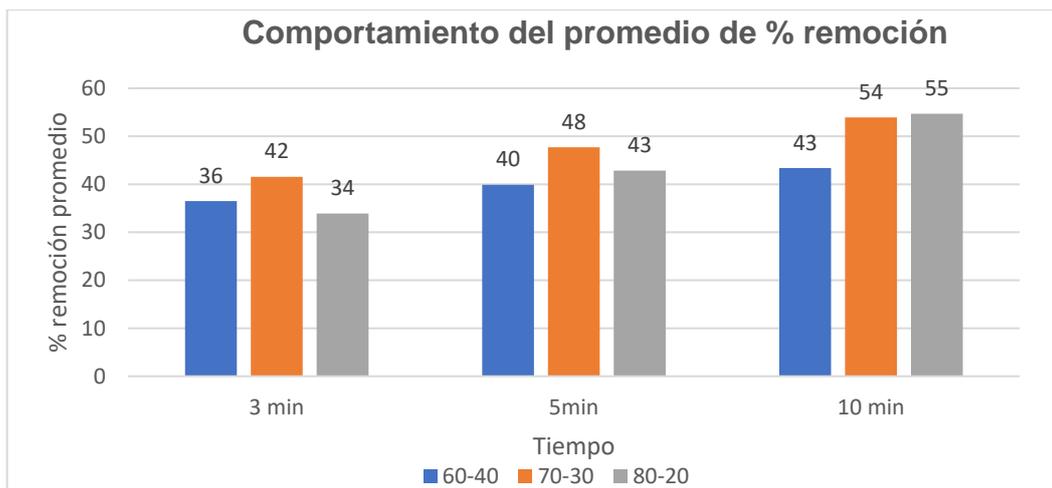


Figura 26. Comportamiento del promedio de % remoción

La Figura 26 muestra en el promedio de remoción óptimo de 3 minutos y 5 minutos fueron de 42 % y 48 % pertenecientes a las proporciones de 70-30, mientras que para los 10 minutos fue de 55 % en proporciones de 80-20 de suelo y aserrín.

- **Resultados del post tratamiento**

El tratamiento óptimo del agua sintética conteniendo colorante se presenta en la Tabla 14, este comprende el % de remoción más eficiente y la remoción promedio final, ambos en ppm:

Tabla 14. Resultado final

Tiempo	10 min	% de proporción	80% - 20%		
Parámetros físico-químico	Unidad	Comparación		% remoción más eficiente (ppm)	% remoción promedio (ppm)
		Inicial	Final (resultado óptimo)		
Temperatura	C°	24.0	24.6	-	-
Color	abs	0.242	0.104	58	55
pH	0-14	2.68	6.59	-	-

Como se observa en la Tabla 13 mientras más tiempo de tratamiento tenga el agua sintética con colorante existirá una mayor remoción del mismo,

de la misma forma si los empaques contienen un mayor porcentaje de suelo existirá una mayor absorción del colorante, por lo que de acuerdo con esta premisa (ver Tabla 14) se obtuvo como resultado más eficiente el 58% y remoción promedio del 55% del colorante Acid blue 113 a 10 min con 80% de suelo y 20% de aserrín, así mismo un dato a destacar que no solo el filtro de empaques trató la remoción del colorante, sino más bien estabilizó el pH de 2.68 hasta 6.59.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Análisis de normalidad de los datos

El tamaño de la muestra que se maneja fue inferior a 50 muestras de agua sintética, por lo que para determinar la normalidad se utilizó la prueba de Shapiro Wilk, se presenta las hipótesis:

H₀: Las proporciones y tiempos establecidos para los empaques del filtro siguen una distribución normal

H_a: Las proporciones y tiempos establecidos para los empaques del filtro no siguen una distribución normal.

Criterio de la prueba

Si $P > 0.05$ aprueba la H_0

Si $P < 0.05$ aprueba la H_a

Tabla 15. Prueba de normalidad de datos proporciones y tiempo

	PROPORCIÓN	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
TIEMPO 3	60-40	,779	3	,066
	70-30	,991	3	,822
	80-20	,958	3	,604
TIEMPO 5	60-40	,750	3	,050
	70-30	,968	3	,659
	80-20	1,000	3	,961
TIEMPO 10	60-40	,926	3	,472
	70-30	,916	3	,438
	80-20	1,000	3	,996

a. Corrección de significación de Lilliefors

La Tabla 15 muestra los resultados del estadístico de Shapiro-Wilk teniendo un nivel de significancia de 95% y 5% de error, indica que los valores de p son mayores que 0.05 para la mayoría de las combinaciones proporción-tiempo, por lo que se entiende que no hay suficiente evidencia para rechazar H_0 . Esto sugiere que las proporciones y tiempos siguen una distribución normal. Al ser de distribución normal se debe utilizar pruebas paramétricas.

La prueba que se utilizó para determinar si hay una diferencia significativa entre las partes por medio de las medias diferentes es el T-Student. Por consiguiente, se presentan las hipótesis y la tabla de los resultados obtenidos:

H_0 : Las proporciones y tiempos no influyen significativamente en el tratamiento de agua residual textil del colorante Acid blue 113.

H_a : Las proporciones y tiempos influyen significativamente en el tratamiento de agua residual textil del colorante Acid blue 113.

Tabla 16. Resultados del T-student tiempo y proporción vs inicial

Prueba de muestras emparejadas									
Diferencias emparejadas									
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	INICIAL - TIEMPO 3	5.244,778	983,691	327,897	4.488,646	6.000,910	15,995	8	,000
Par 2	INICIAL - TIEMPO 5	5.406,000	957,378	319,126	4.670,094	6.141,906	16,940	8	,000
Par 3	INICIAL - TIEMPO 10	5.870,778	1.013,567	337,856	5.091,681	6.649,875	17,377	8	,000

Los resultados obtenidos en la Tabla 16 corresponden a una prueba de muestras emparejadas utilizando el método del T-student. En la columna "Diferencias emparejadas", se muestra la diferencia en la media de los valores entre las dos muestras emparejadas para cada par de tiempo y proporción. En la columna "t" se encuentra la estadística T calculada a partir de las muestras. En la columna "gl" se muestra el número de grados de libertad y en la columna "Sig. (bilateral)" se encuentra el nivel de significación calculado para cada par de muestras.

El nivel de significación obtenido es menor que 0.05, lo que indica que hay una diferencia significativa entre las muestras emparejadas. Por consiguiente, se debe rechazar la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, mencionando que las proporciones y tiempos utilizados influyen significativamente en el tratamiento de agua residual textil del colorante Acid blue 113.

Análisis de normalidad primera prueba

El tamaño de la muestra que se maneja fue inferior a 50 muestras de agua sintética, por lo que para determinar la normalidad se utilizó la prueba de Shapiro Wilk, se presenta las hipótesis:

Ho: Los resultados obtenidos en la primera prueba siguen una distribución normal.

Ha: Los resultados obtenidos en la primera prueba no siguen una distribución normal.

Criterio de la prueba

Si $P > 0.05$ aprueba la H_0

Si $P < 0.05$ aprueba la H_a

Tabla 17. Prueba de normalidad de datos primera prueba

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
ABS (60-40)	,995	3	,867
ABS (70-30)	,998	3	,908
ABS (80-20)	,950	3	,569

La Tabla 17 menciona los resultados del estadístico de Shapiro-Wilk con un nivel de significancia del 95% y un margen de error del 5%. La tabla muestra que los valores de p (sig) son mayores a 0.05, lo que indica que no hay suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula. En otras palabras, los datos obtenidos de la primera prueba siguen una distribución normal. Debido a esto, se utilizaron pruebas paramétricas para el análisis de los datos.

La prueba que se utilizó para determinar si hay una diferencia significativa entre las partes por medio de las medias diferentes es el T-Student. Por

consiguiente, se presentan las hipótesis y la tabla (ver Tabla 18) de los resultados obtenidos:

Ho: Los resultados de absorbancia de la primera prueba obtenidos no influyen significativamente en el tratamiento de agua residual textil del colorante Acid blue 113.

Ha: Los resultados de absorbancia de la primera prueba obtenidos influyen significativamente en el tratamiento de agua residual textil del colorante Acid blue 113.

Tabla 18. Resultados del T-student primera prueba vs inicial

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas							Sig.
		Media	Desv.	Desv.	95% de intervalo de		t	gl	(bilateral)
		Desviación	Error	confianza de la diferencia					
			promedio	Inferior	Superior				
Par 1	INICIAL - ABS (60-40)	4.341,333	614,487	354,774	2.814,863	5.867,804	12,237	2	,007
Par 2	INICIAL - ABS (70-30)	5.093,333	588,680	339,875	3.630,971	6.555,696	14,986	2	,004
Par 3	INICIAL - ABS (80-20)	6.415,000	1.078,904	622,905	3.734,855	9.095,145	10,299	2	,009

En esta Tabla 18, los valores de "Sig. (bilateral)" son menores que 0.05, en concreto 0.007, 0.004 y 0.009 para las combinaciones Par 1, Par 2 y Par 3 respectivamente. Esto indica que hay una diferencia significativa entre las dos muestras emparejadas y en consecuencia se debe rechazar la hipótesis nula planteada y se acepta la hipótesis alternativa mencionando que los resultados tienen una influencia significativa en el tratamiento de agua residual textil del colorante Acid blue 113, es decir existe diferencia significativa entre el pre y post tratamiento de la primera prueba, dando paso a la confirmación de relación de las repeticiones.

V. DISCUSIÓN

En la presente investigación se utilizó un filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín para tratar el agua residual textil del colorante Acid blue 113. Este método demostró ser efectivo, al conseguir una remoción del 55% del colorante comprobando tener más eficiencia que otros métodos debido a los componentes que poseía el suelo. Las investigaciones relacionadas al tema sugieren diversos métodos para tratar las aguas contaminadas con colorante producto de las industrias textiles, uno de ellos es la investigación de AL-DMOUR *et al.* (2021) donde eliminaron el colorante Basic blue-41 con hetero estructuras a base de arcilla reforzadas con aluminio y circonio, como resultado obtuvieron un 20 % a 30 % de remoción del colorante.

Los resultados obtenidos en este estudio fueron relativamente eficientes en términos de la eliminación del colorante a comparación de otros métodos más complejos. El estudio llevado a cabo por ĆURIĆ, DOLAR y BOŠNJAK (2021) utilizó arenas para la eliminación (por filtración) de colorantes textiles en el agua y otros parámetros como parte de un proceso híbrido que involucra diferentes etapas de filtración. Los resultados de este estudio mostraron una eliminación del colorante entre el 45,7% y el 83,3% debido a las condiciones que presentaban. El proceso presentado en la investigación utilizando el filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín es un método más sencillo en comparación al proceso híbrido utilizado en esta investigación. Específicamente, el método utilizado no requiere de varios procesos, lo que puede facilitar su aplicación en el tratamiento de aguas residuales textiles.

Para la investigación del filtro con empaques se tuvo un tiempo de remoción de 10 min. así mismo, se resalta el hecho que el suelo usado en los empaques no pasaron por ninguna modificación siendo este 100% natural; sin embargo, tuvo un añadido de aserrín, ya que las características que presentaban fueron las adecuadas para el proceso; por otro lado, SHARMA *et al.* (2019) realizaron un estudio referente a la eliminación de residuos de tintes en las aguas residuales contaminadas con colorantes textiles después de ser tratadas por medio de un proceso de coagulación-floculación. Para ello, emplearon un

adsorbente de bajo costo producido a partir de la activación de arena local con álcalis, lo que consideraron como una técnica novedosa y económica para la eliminación de los compuestos colorantes. Realizaron análisis de adsorción en lotes para evaluar los efectos del tiempo de contacto (entre 3 y 30 minutos) y la cantidad del adsorbente utilizado. La eliminación de colorantes mediante el uso de arena modificada alcanzó el 70% en los primeros tres minutos, mientras que la arena no modificada solo pudo eliminar el 40% de las moléculas de tintura incluso después de 20 minutos de adsorción. Como se mencionó, el presente estudio del filtro tuvo 10 min con mejor remoción, si comparamos los datos sin ninguna modificación en la materia usada, el filtro presenta mejores resultados en todos los aspectos presentados.

En cuanto al pH manejado en la investigación, el filtro de empaque se realizó con el pH cercano o mínimamente debajo de 3, ya que existe antecedentes mencionando que para la remoción adecuada del colorante este debe estar bajo esta condición. Uno de ellos es la investigación de KORD *et al.* (2022) utilizaron un adsorbente magnético derivado de la fibra de carbón activado, en dicho estudio buscaron la eliminación del colorante Acid blue 113, como resultado determinaron que en una concentración de 10 mg/l y un pH de 3 fueron parámetros óptimos para una remoción de 100% del colorante. Respecto a ello, JAMIL *et al.* (2023) desarrollaron un adsorbente hecho de arcilla bentonita de carbono para el tratamiento de aguas residuales textiles contaminadas con colorantes. Realizaron el estudio bajo condiciones óptimas, incluyeron un pH de 3, una dosis de 100 mg de adsorbente y un tiempo de contacto de 120 minutos, teniendo como resultado una eliminación máxima de colorante del 89,9%. Por lo tanto, en este caso específico, un pH ácido fue beneficioso para la eliminación de colorantes, así mismo mencionan que al ajustar el pH resulta en una disminución de la concentración de iones, favoreciendo la adsorción de cationes en sitios de adsorción negativos o dependiendo de la propiedad iónica que posea el colorante a tratar. Sin embargo, es importante destacar que la técnica y pH adecuado dependerá del tipo de colorante y las condiciones específicas del tratamiento que se vaya a usar.

La proporción adecuada de los componentes en la investigación fue de 80% de suelo natural y 20% de aserrín esto permitió una mejor eliminación del colorante y efectividad del tratamiento. Respecto a ello, EFEOVBOKHAN *et al.* (2019) realizaron filtros de arcilla roja y aserrín en proporciones que fueron desde 2/80 hasta 6/80 teniendo eficiencia en todos ellos después de 30 min, resaltando sobre todos el filtro de 2/80 en donde tuvieron una mayor eficiencia en relación a los demás; por otro lado, ELBASTAMY *et al.* (2021) crearon columnas a base de la arena, grava y arcillas naturales donde estas tuvieron variaciones en relación con las arcillas, ya que usaron distintos tipos teniendo óptimos resultados en la remoción de los contaminantes. Sin lugar a dudas, realizar variaciones de las proporciones en los filtros es importante, debido a que permitió conocer qué proporciones son más eficientes y en base a ello aumentar unas o disminuir otras.

El suelo natural empleado en los empaques del filtro desempeñó un papel importante en la disminución del color del agua sintética y destacó la importancia en la composición que este poseía como la porosidad, el tipo de suelo y el % de composición, en pocas palabras la caracterización del mismo. Respecto a ello, TANG y LI (2018) en su estudio de aplicación de microestructuras de arenas limosa y limo arenoso no perturbadas mencionan que la distribución, área y tamaño de los poros de la arena limosa en mayor cuando presenta una temperatura ambiente adecuada. Teniendo en cuenta esto, YASSEN *et al.* (2019) realizaron un filtro con combinaciones de arena, bicarbon y medios de paja de teff. Este método también logró reducir la concentración de colorantes presentes en el agua; por otro lado, encontraron que una baja tasa de flujo de tratamiento promovió la formación de capas de torta, lo que ralentizó el proceso de filtración. Parte importante de estas investigaciones es que la influencia que tiene la porosidad en los procesos de tratamiento de agua en relación a muestras de suelo, arena o limo es por la filtración, esta se encuentra directamente reflejada en el tiempo de retención del agua permitiendo un mayor tiempo de tratamiento.

El propósito de usar el aserrín fue debido a los beneficios sobre las muestras de agua sintética manejada en la investigación con colorante Acid blue

113, existe investigaciones como el realizado por SINALÍN (2017) sugiere que el aserrín por sí solo puede ser utilizado como filtro para aguas residuales textiles con una efectividad de remoción del color de hasta un 18%. Destacó que el nivel de remoción dependerá de factores como el tipo de madera y el tamaño del aserrín utilizado. Por otro lado, el parámetro de pH que tuvo durante la filtración indica que estabiliza el agua con 8.03 siendo este medianamente arriba de la neutralidad de 7. Por último, se resalta no solo los beneficios del aserrín para el proceso usado, sino más bien, el conjunto de todos ellos.

La remoción del colorante en el proceso del tratamiento de la investigación se atribuye a varios factores cruciales, entre los cuales destaca la influencia del pH y las características inherentes del suelo y aserrín utilizado; respecto a ello, ABIDI *et al.* (2015) agregan que la eficiencia se ve reflejada por las condiciones fisicoquímicas a la que se somete, como una alta fuerza iónica donde facilita la adsorción de tintes aniónicos en relación a arcillas u otro material. Según MARTIN *et al.* (2016), algunos colorantes aniónicos no son eficaces en ciertas condiciones fisicoquímicas. Durante su estudio, se investigó el efecto de diferentes condiciones y se encontraron las condiciones óptimas para la eliminación de colorantes de tipo catiónico como el azul de metileno y también para colorantes de tipo aniónico como el rojo congo. A pesar de ser de diferentes tipos, ambos colorantes obtuvieron niveles de remoción del color en rangos similares bajo las condiciones óptimas encontradas en un rango de pH de 7-9. En particular, la fuerza iónica desempeña un papel significativo al facilitar la adsorción de tintes aniónicos, por lo que se ve favorecido por la presencia de iones en solución, creando condiciones propicias para la interacción entre el suelo y los tintes aniónicos.

VI. CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos revelaron que el tiempo de tratamiento para lograr una remoción eficiente del colorante Acid blue 113 fue de 10 minutos. Durante este período, se observó la eliminación del colorante destacando la eficacia de la técnica aplicada en los 10 minutos.
2. La proporción adecuada identificada para el tratamiento fue de un 80% de suelo natural y un 20% de aserrín. Este hallazgo resalta la importancia de la combinación de estos dos materiales en el proceso, ya que dicha proporción demostró ser especialmente efectiva debido a la caracterización de los componentes permitió lograr la optimización del proceso de eliminación del colorante Acid blue 113.
3. Se demostró que el filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín fue relativamente eficiente para eliminar el colorante Acid blue 113 con una remoción final del 58% en la primera prueba, en promedio fue de 55% a 10 min por 80% y 20% en proporciones de suelo y aserrín.
4. Se pudo llevar a cabo un tratamiento de gua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113 viable, práctica y de bajo costo con las características utilizadas en el filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín.
5. El estudio ha logrado desarrollar el tratamiento de agua sintética específicamente dirigido al colorante Acid blue 113, la implementación del filtro de columna vertical con empaques compuestos de suelo natural y aserrín ha sido esencial en esta propuesta. La viabilidad se sustenta en la efectividad del proceso, la practicidad se refleja en la aplicabilidad del filtro y la utilización de materiales accesibles, mientras que el bajo costo abarca la eficiencia económica de esta metodología.

VII. RECOMENDACIONES

- Para una disminución en el tiempo de actuación del tratamiento y la implementación de la misma hacer una circulación por 3 filtros conectados permitiendo tener una mejor eficiencia en la remoción del colorante en menor tiempo.
- Determinar un flujo más bajo permitirá un tiempo de contacto prolongado con los empaques de suelo natural y, por ende, aumentaría la eficacia en la reducción del color.
- El lodo del filtro producto del proceso puede ser usado para hacer creación de piezas, como platos, vasos y cualquier otra obra elaborada con este material.
- Implementar las partes del filtro, es decir la división del filtro en dos, ya que este permitió una óptima limpieza del filtro, traslado y la colocación de las mallas.
- Garantizar una limpieza adecuada de los empaques y paredes del filtro con el objetivo de asegurar que el agua con colorantes fluya de manera eficiente y se someta a un tratamiento adecuado.

REFERENCIAS

ABIDI, N., *et al.* Treatment of dye-containing effluent by natural clay. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 2015, v. 86. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.043>

ISSN 0959-6526.

AGHDASINIA, H. y ASIABI, H. Adsorption of a cationic dye (methylene blue) by Iranian natural clays from aqueous solutions: equilibrium, kinetic and thermodynamic study. *Environmental Earth Sciences* [en línea]. 2018, v. 77, n. 5. [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2023]. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-018-7342-5>.

ISSN 1866-6299

AL-DMOUR, H., *et al.* Al and Zr Porous Clay Heterostructures as Removal Agents of Basic Blue-41 Dye from an Artificially Polluted Solution: Regeneration Properties and Batch Design. *Porous materials* [en línea]. 2021, v. 14, n. 10. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2023]. Disponible en <https://www.mdpi.com/1996-1944/14/10/2528>

Artículo 25: Derecho a un nivel de vida adecuado. ONU. 4 de diciembre de 2018. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2018/12/1447511>

ASENAHABI, B. Basics of Research Design: A Guide to selecting appropriate research design. *International Journal of Contemporary Applied Researches* [en línea]. 2019, v. 6, n. 5. [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2023]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/342354309_Basics_of_Research_Design_A_Guide_to_selecting_appropriate_research_design.

ISSN: 2308-1365.

BENKHAYA, S., M' RABET, S. y EL HARFI, A. A review on classifications, recent synthesis and applications of textile dyes. *Inorganic Chemistry*

Communications [en línea]. 2020, v. 115. [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2023]. Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1387700320300587>

ISSN 1387-7003.

BICK, HALSEY y EKENGA. The global environmental injustice of fast fashion. *Environmental Health* [en línea]. 2018, v. 17. n. 92. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2023]. Disponible en

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6307129/>.

ISSN 1476-069X

CENTOBELLI, P., *et al.* Slowing the fast fashion industry: an all-round perspective. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* [en línea]. 2022, v. 38. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2023]. Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452223622000967#sec1>

ISSN 2452-2236

CORREA, D., SOARES, W. y RIBEIRO, M. Effects of rainwater intrusion on an activated sludge sewer treatment system. *Revista Ambiente e Água* [en línea]. Marzo-junio 2020, v. 15, n. 3. [Fecha de consulta: 19 de octubre 2023]. Disponible en

<https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/8rDJC5psy4m9H5X8fnYY6pt/?lang=en>.

ĆURIC, I., DÓLAR, D. y BOŠNJAK, J. Reuse of textile wastewater for dyeing cotton knitted fabric with hybrid treatment: Coagulation/sand filtration/UF/NF-RO. *Journal of Environmental Management* [en línea]. 2021, v. 295. [Fecha de consulta: 19 de noviembre 2023]. Disponible en

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113133> .

ISSN 0301-4797.

EFEVBOKHAN, V. E. *et al.* Production of Clay Filters for Waste Water Treatment. *Journal of Physics: Conference Series* [en línea]. 2019, v. 1378.

[Fecha de consulta: 12 de octubre de 2023]. Disponible en <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1378/3/032028/pdf>.

ISSN 1742-6596.

ELBASTAMY, E., *et al.* Efficiency of Natural Clay Mineral Adsorbent Filtration Systems in Wastewater Treatment for Potential Irrigation Purposes. *Sustainability* [en línea]. 2021, v. 13, n. 10. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2023]. Disponible en <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/10/5738>.

ISSN 2071-1050.

GRACIA, J., *et al.* Producción biológica de ácidos grasos volátiles a partir de lodo primario y lodo digerido de una planta de tratamiento de aguas residuales como fuente de productos biopolímeros en la industria militar. *Revista Ibérica De Sistemas e Tecnologias De Informação* [en línea]. 2022. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2023]. Disponible en <https://www.proquest.com/docview/2714749226?pqorigsite=gscholar&fromopenview=true>.

ISSN 16469895.

HALEPOTO, H., GONG, T. y MEMON, H. Current status and research trends of textile wastewater treatments—A bibliometric-based study. *Frontiers in Environmental Science* [en línea]. 2022, v. 10. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2023]. Disponible en <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2022.1042256/full>.

ISSN 2296-665X

HAMEED, H. Quantitative and qualitative research methods: Considerations and issues in qualitative research. *The Maldives National Journal of Research* [en línea]. 2020, v. 8. [Fecha de consulta: 27 de octubre de 2023]. Disponible en <http://saruna.mnu.edu.mv/xmlui/bitstream/handle/123456789/8523/Quantitative%20and%20qualitative%20research%20methods%20%20considerations>

[%20and%20issues%20in%20qualitative%20research.pdf?sequence=1&isAll
owed=y](#)

ISSN 2308-5959/201803010.

HASSAN, A., *et al.* Development of low cost paddy straw-clay (pads-clay) filter for dyes wastewater treatment. *MOJ Ecology & Environmental Sciences* [en línea]. 2020, v. 5. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2023]. Disponible en <https://medcraveonline.com/MOJES/development-of-low-cost-paddy-straw-clay-pads-clay-filter-for-dyes-wastewater-treatment.html>.

ISSN 2573-2919.

JAIN, S. y GOGATE, P. Adsorptive removal of acid violet 17 dye from wastewater using biosorbent obtained from NaOH and H₂SO₄ activation of fallen leaves of *Ficus racemosa*. *Journal of Molecular Liquids* [en línea]. 2017, v 243. [Fecha de consulta: 27 de octubre de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167732217325667>.

ISSN 0167-7322

JAMIL, T., *et al.* Bentonite-Clay/CNT-Based Nano Adsorbent for Textile Wastewater Treatment: Optimization of Process Parameters. *Water* [en línea]. 2023, v. 15, n. 18. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2023]. Disponible en <https://www.mdpi.com/2073-4441/15/18/3197>

ISSN 2073-4441.

KORD, F., *et al.* Removal of Acid blue 113 from aqueous medium using a novel magnetic adsorbent derived from activated carbon fiber. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* [en línea]. 2022. [Fecha de consulta: 15 de diciembre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1080/03067319.2022.2130061>

KUBITZA, F. The oft-overlooked water quality parameter: pH. *Global Aquaculture Advocate* [en línea]. Enero 2017. [Fecha de consulta: 15 de octubre 2023].

Disponible en <https://www.globalseafood.org/advocate/the-oft-overlooked-water-quality-parameter-ph/>.

LI, F., *et al.* Impact of Textile Industries on Surface Water Contamination by Sb and Other Potential Toxic Elements: A Case Study in Taihu Lake Basin, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health* [en línea]. 2023, v. 20, n. 4. [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2023]. Disponible en <https://www.mdpi.com/1660-4601/20/4/3600>

ISSN 1660-4601.

MARTÍN, S., *et al.* Natural clay from Cuba for environmental remediation. *Clay Minerals* [en línea]. 2018, v. 53 n. 2. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2023]. Disponible en <https://www.cambridge.org/core/journals/clay-minerals/article/abs/natural-clay-from-cuba-for-environmental-remediation/3097E18784E454531C5451409632A7C8#access-block>

MOHAJAN, H. Two criteria for good measurements in research: validity and reliability. *Annals of Spiru Haret University. Economic Series* [en línea]. 2017, v. 17, n. 4. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2023]. Disponible en https://mpra.ub.uni-muenchen.de/83458/1/MPRA_paper_83458.pdf.

ISSN 2393-1795.

NAWARKAR, C. y SALKAR, V. Solar powered Electrocoagulation system for municipal wastewater treatment. *ScienceDirect* [en línea]. Febrero 2019, v. 237. [Fecha de consulta: 24 de octubre 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016236118316879>.

ISSN 0016-2361

PAPAMICHAEL, L., *et al.* Building a new mind set in tomorrow fashion development through circular strategy models in the framework of waste management. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry* [en línea]. 2022, v. 36, n. 100638. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2452223622000505>.

ISSN 2452-2236

PRATAP, B., *et al.* Wastewater generation and treatment by various eco-friendly technologies: Possible health hazards and further reuse for environmental safety. *Chemosphere* [en línea]. 2022. [fecha de consulta: 2 de noviembre de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653522040401>.

ISSN 0045-6535.

PubChem Compound Summary for CID 18776, Acid blue (2023). 113 National Center for Biotechnology Information. 27 de octubre de 2023. Disponible en: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Acid-blue-113>.

RAO, S., *et al.* Spatial Analysis of Soil Chemical Properties of Bastar District, Chhattisgarh, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* [en línea]. 2019, v. 8, n. 4. [Fecha de consulta: 12 de octubre 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.804.257>

ISSN 2319-7706.

SAALIDONG, B., *et al.* Examining the dynamics of the relationship between water pH and other water quality parameters in ground and surface water systems. *PLOS ONE* [en línea]. Diciembre 2021- enero 2022, n.17. [Fecha de consulta: 12 de octubre 2023]. Disponible en <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0262117>

SABEEN, A., *et al.* Quantification of environmental impacts of domestic wastewater treatment using life cycle assessment: A review. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. Julio 2018, v. 190. [Fecha de consulta: 13 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618310667>.
[ISSN 0959-6526](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618310667).

ŠAJN, N. Environmental impact of the textile and clothing industry. European parliament. 2019. [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2023]. Disponible en [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633143/EPRS_BRI\(2019\)633143_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/633143/EPRS_BRI(2019)633143_EN.pdf)

SELVARAJ, D. y VELVIZHI. G. Sustainable ecological engineering systems for the treatment of domestic wastewater using emerging, floating and submerged macrophytes. *Journal of Environmental Management* [en línea]. 2021, v. 286. [Fecha de consulta: 27 de septiembre de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479721003157>.

ISSN 0301-4797.

SENTHILVELAN, T., KANAGARAJ, J. y PANDA R. Enzyme-Mediated Bacterial Biodegradation of an Azo Dye (C.I. Acid Blue 113): Reuse of Treated Dye Wastewater in Post-Tanning Operations. *Applied Biochemistry and Biotechnology* [en línea]. 2014, v. 174, n. 6. [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2023]. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s12010-014-1158-x>.

ISSN 1559-0291.

SHARMA, A., *et al.* Adsorption of textile wastewater on alkali-activated sand. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 2019, v. 220. [Fecha de consulta: 25 de noviembre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.01.236>.

ISSN 0959-6526

SINALÍN, Fernanda. Análisis del aserrín como filtro en el tratamiento de aguas residuales proveniente de la industria de textiles Andelas cía. Ltda. Tesis (Optar el grado de ingeniería civil). Abanto: Universidad Técnica de Ambato, 2017. Disponible en <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27011/1/Tesis%201201%20-%20Sinal%c3%adn%20Sisalema%20Fernanda%20Maricela.pdf>

SULTANA, S., *et al.* Environment-friendly clay coagulant aid for wastewater treatment. *Applied Water Science* [en línea]. 2022, v. 12 n. 6. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2023]. Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-021-01540-z>.

ISSN 2190-5495.

TANG, Y. y LI, J. Test method and application for microstructures of undisturbed silty sand and sandy silt. *Environmental Earth Sciences* [en línea]. 2018, v. 77, n. 18. [Fecha de consulta: 25 de noviembre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7847-y>

ISSN 1866-6299

TÜMSAVAŞ, Z., *et al.* Prediction and mapping of soil clay and sand contents using visible and near-infrared spectroscopy. *Biosystems Engineering* [en línea]. 2019, v.177. [Fecha de consulta: 25 de noviembre de 2023]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.06.008>.

ISSN 1537-5110

WANG, G., *et al.* Technical development of characterization methods provides insights into clay mineral-water interactions: A comprehensive review. *Applied Clay Science* [en línea]. 2021, v. 206. [Fecha de consulta: 09 de octubre de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169131721001125?via%3Dihub>.

ISSN 0169-1317

World Population Prospects 2019: Highlights [en línea]. *UNITED NATIONS*, 2019. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2023]. Disponible en https://population.un.org/wpp/publications/files/wpp2019_highlights.pdf.

ISBN 9789210042352

YASEEN, Z., *et al.* Laundry wastewater treatment using a combination of sand filter, bio-char and teff straw media. *Scientific Reports* [en línea]. 2019, v. 9. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2023]. Disponible en <https://www.nature.com/articles/s41598-019-54888-3>

ISSN 2045-2322.

YIN, H., *et al.* Textile Wastewater Treatment for Water Reuse: A Case Study. *Processes* [en línea]. 2019, v. 7. [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2023]. Disponible en <https://www.mdpi.com/2227-9717/7/1/34>.

ISSN 2227-9717

ZHANG, Y., *et al.* Study on anionic and cationic dye adsorption behavior and mechanism of biofilm produced by *Bacillus amyloliquefaciens* DT. *Applied Surface Science* [en línea]. 2022, v. 573. [Fecha de consulta: 2 de octubre de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S016943322102674X>.

ISSN 0169-4332.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

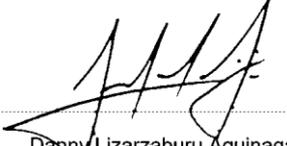
	Variables de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
INDEPENDIENTE	Filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín	RAO <i>et al.</i> (2019) menciona que el suelo es un componente natural y dinámico que se forma a partir de la intemperización de minerales y materia orgánica en la tierra. Durante este proceso, tiene lugar una serie de reacciones físicas, químicas y biológicas que determinan sus propiedades.	Para la evaluación del filtro a base de empaques de suelo natural y aserrín, tuvo en cuenta el tiempo, proporción porcentual de los componentes, la remoción del mismo y las características del filtro.	Tiempo	3	min
					5	
					10	
				Proporción porcentual de los componentes	60% suelo + 40% aserrín	g
					70% suelo + 30% aserrín	
					80% suelo + 20% aserrín	
				Remoción	$[(C_{i \text{ color}} - C_{f \text{ color}}) / C_{i \text{ color}}] * 100$	%
				Características del filtro	Material de la malla	-
					Material del equipo	-
					Capacidad de agua	L
Altura	cm					
Diámetro	cm					
	Contenido por empaques	g				
DEPENDIENTE	Tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113	El tratamiento de aguas residuales textiles es una opción viable para conservar y aumentar los recursos hídricos disponibles, al mismo tiempo que reduce la liberación de sustancias contaminantes peligrosas al entorno natural (HALEPOTO, GONG y MEMON, 2022).	La determinación del tratamiento de agua sintética textil fue evaluada por medio de los parámetros antes y después del proceso.	Parámetros	Temperatura	C°
					Color	abs
					pH	1-14

Anexo 2. Instrumento de recolección de datos.

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	FICHA DE REGISTRO DE PARÁMETROS DE LA MUESTRA INICIAL			Anexo 1
DATOS GENERALES				
Tema:	Filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín para el tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113			
Nombre del investigador	Morales Medina, Wendy Lissett			
Lugar de análisis:				
Fecha de registro:	/ /	Hora:		
CARACTERIZACIÓN DE LA MUESTRA				
	VOLUMEN DE MUESTRA	CARACTERIZACIÓN	UNIDAD	RESULTADOS
Parámetros		Temperatura	C°	
		Color	abs	
		pH	0-14	
Observaciones:				
				 Eusebio Benites Alfaro


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450
 RENACYT: P0030155


 JONNATAN VICTOR
 BARÓN ARIAS
 Ingeniero Químico
 CIP N° 28465*


 Danny Lizaraburu Aguinaga
 Ingeniero Químico
 Reg. CIP N° 95556



FICHA DE VARIACIÓN EN PROPORCIÓN PORCENTUAL DE LOS COMPONENTES Y TIEMPO

Anexo 2

Versión: 02

DATOS GENERALES

Tema:	Filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín para el tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113		
Nombre del investigador	Morales Medina Wendy Lissett		
Lugar de procedencia:			
Fecha de registro:	/ /	Hora de inicio:	Cant. de empaques: g.
		Hora de fin:	

PRUEBAS DE JARRAS

CODIGO DE MUESTRA	PROPORCIÓN PORCENTUAL DE LOS COMPONENTES		TIEMPO (MIN)	(abs)			PROM.
	SUELO (%)	ASERRIN (%)		R1	R2	R3	
M1	60	40	3				
M2	70	30					
M3	80	20					
M4	60	40	5				
M5	70	30					
M6	80	20					
M7	60	40	10				
M8	70	30					
M9	80	20					

NOTAS/ OBSERVACIONES:

Elmer Benites Alfaro

Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450
RENACYT: P0030155

JONNATAN VICTOR
BARÓN ARIAS
Ingeniero Químico
CIP N° 284651

Danny Lizarzaburu Aguinaga
Ingeniero Químico
Reg. CIP N° 95556



FICHA DE REGISTRO DE RESULTADO FINAL DEL TRATAMIENTO Y REMOCIÓN DEL FILTRO

Anexo 3

Versión: 02

DATOS PERSONALES

Tema:	Filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín para el tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113
Nombre del investigador	Morales Medina, Wendy Lissett

DATOS DE LA MUESTRA Y CONDICIONES

Lugar de análisis:			
Fecha de resultado de la muestra:			
Tiempo		% de proporción óptimo	

COMPARATIVA DE RESULTADOS Y DETERMINACIÓN DE REMOCIÓN (FISICO-QUIMICO)

	PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO	UNIDAD	COMPARACIÓN		% REMOCIÓN
			INICIAL	FINAL (resultado óptimo)	
Parámetros	Temperatura	C°			-
	Color	abs			
	pH	0-14			-

OBSERVACIONES:

Elier Benites Alfaro

Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450
RENACYT: P0030155

JONNATAN VÍCTOR
BAÑÓN ARIAS
Ingeniero Químico
CIP N° 28465*

Danny Lizarzaburu Aguinaga
Ingeniero Químico
Reg. CIP N° 95556

}



FICHA DE DISEÑO Y CARACTERISTICAS DEL FILTRO

Anexo 4

Versión: 01

DATOS PERSONALES

Tema:

Filtro de columna vertical con empaques de suelo natural y aserrín para el tratamiento de agua sintética con colorante textil C.I. Acid blue 113

Nombre del investigador

Morales Medina, Wendy Lissett

Fecha:

/ /

DETALLES DEL FILTRO

DIMENSIONES FÍSICAS	UNIDAD	INFORMACIÓN	OBSERVACIONES
MATERIAL DE LA MALLA	-		
MATERIAL DEL EQUIPO	-	Elmer Benites Alfaro	
CAPACIDAD DE AGUA	L		
ALTURA	cm		
DIAMETRO	cm		
CONTENIDO POR EMPAQUES	g		

Observaciones

Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450
RENACYT: P0030155

JONNATÁN VICTOR
BAÑÓN ARIAS
Ingeniero Químico
CIP N° 284651

Danny Lizarzaburu Aguinaga
Ingeniero Químico
Reg. CIP N° 95556

Anexo 3: Matriz Evaluación por juicio de expertos.



VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 1

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Mg. Ing. Bañon Arias, Jonnatan
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente Investigador / UCV Lima Norte
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Tratamiento de aguas
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ficha de registro de parámetros de la muestra inicial.
- 1.5. **Autor (a) de Instrumento:** Morales Medina, Wendy Lissett.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 09 de octubre del 2023



JONNATAN VICTOR
BAÑON ARIAS
 Ingeniero Químico
 CIP N° 28465¹

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 1

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO.
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente Investigador / UCV Lima Norte
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:**
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** FICHA DE REGISTRO DE PARÁMETROS DE LA MUESTRA INICIAL.
- 1.5. **Autor (a) de Instrumento:** Morales Medina, Wendy Lissett.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 10 de octubre del 2023



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450
RENACYT: P0030155

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 1

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso.
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente Investigador / UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA DE REGISTRO DE PARÁMETROS DE LA MUESTRA INICIAL.
- 1.5. Autor (a) de Instrumento: Morales Medina, Wendy Lissett.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90



Danny Lizarzaburu Aguinaga
Ingeniero Químico
Reg. CIP N° 95556

Lima, 11 de octubre del 2023

NOMBRES
CIP:

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 2

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Mg. Ing. Bañón Arias, Jonnatan
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente Investigador / UCV Lima Norte
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Tratamiento de aguas.
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ficha de variación en concentración y caudal.
- 1.5. **Autor (a) de Instrumento:** Morales Medina, Wendy Lissett.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 09 de octubre del 2023



JONNATAN VICTOR
BAÑÓN ARIAS
 Ingeniero Civil
 CIP N° 284651

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 2

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:** Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO
- 1.2. Cargo e institución donde labora:** Docente Investigador / UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** FICHA DE VARIACIÓN EN RELACIÓN ARCILLA-ASERRÍN Y CAUDAL
- 1.5. Autor (a) de Instrumento:** Morales Medina, Wendy Lissett.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 10 de octubre del 2023



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450
RENACYT: P0030155

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 2

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente Investigador / UCV Lima Norte
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:**
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** FICHA DE VARIACIÓN EN CONCENTRACIÓN Y CAUDAL.
- 1.5. **Autor (a) de Instrumento:** Morales Medina, Wendy Lissett.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90

Lima, 11 de octubre del 2023


 Danny Lizarzaburu Aguinaga
 Ingeniero Químico
 Reg. CIP N° 95566

NOMBRES
 CIP:

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 3

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:** Mg. Ing. Bañon Arias, Jonnatan
- 1.2. Cargo e institución donde labora:** Docente Investigador / UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:** Tratamiento de aguas.
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ficha de registro de resultado final del tratamiento y remoción del filtro
- 1.5. Autor (a) de Instrumento:** Morales Medina, Wendy Lissett.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 09 de octubre del 2023



JONNATAN VICTOR
 BAÑON ARIAS
 Ingeniero Químico
 CEP N° 28465

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 3

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente Investigador / UCV Lima Norte
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:**
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** FICHA DE REGISTRO DE RESULTADO FINAL DEL TRATAMIENTO Y REMOCIÓN DEL FILTRO
- 1.5. **Autor (a) de Instrumento:** Morales Medina, Wendy Lissett.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 10 de octubre del 2023



Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
CIP N° 25450
RENACYT: P0030155

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 3

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente Investigador / UCV Lima Norte
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:**
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** FICHA DE REGISTRO DE RESULTADO FINAL DEL TRATAMIENTO Y REMOCIÓN DEL FILTRO
- 1.5. **Autor (a) de Instrumento:** Morales Medina, Wendy Lissett.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90

Lima, 11 de octubre del 2023


 Danny Lizarzaburu Aguinaga
 Ingeniero Químico
 Reg. CIP N° 95556

NOMBRES
 CIP:

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 4

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Mg. Ing. Bañon Arias, Jonnatan
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente Investigador / UCV Lima Norte
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Tratamiento de aguas.
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Ficha de diseño y características del filtro
- 1.5. **Autor (a) de Instrumento:** Morales Medina, Wendy Lissett.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90%

Lima, 09 de octubre del 2023



JONNATAN VICTOR
 BARRON ARIAS
 Ingeniero Químico
 CIP Nº 28465*

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 4

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:** Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO
- 1.2. Cargo e institución donde labora:** Docente Investigador / UCV Lima Norte
- 1.3. Especialidad o línea de investigación:**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:** FICHA DE DISEÑO Y CARACTERÍSTICAS DEL FILTRO.
- 1.5. Autor (a) de Instrumento:** Morales Medina, Wendy Lissett.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

X

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%

Lima, 10 de octubre del 2023


Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450
 RENACYT: P0030155

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO 4

I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Lizarzaburu Aguinaga, Danny Alonso
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente Investigador / UCV Lima Norte
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:**
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** FICHA DE DISEÑO Y CARACTERISTICAS DEL FILTRO.
- 1.5. **Autor (a) de Instrumento:** Morales Medina, Wendy Lissett.

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

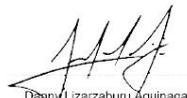
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90

Lima, 11 de octubre del 2023



Danny Lizarzaburu Aguinaga
 Ingeniero Químico
 Reg. CIP N° 95556

 NOMBRES
 CIP:

Anexo 4. Ficha técnica del colorante Acid blue 113



01 392 1809
+51 946142358
info@promartexperu.com

CERTIFICATE OF ANALYSIS

1.	PRODUCT NAME : ACID BLUE 5R 200%	6.	C.O.A. DATE : 02.06.2023
2.	STANDARD : PROMARTEX PERU SAC	7.	INVOICE NO: JCL/1032/2023-24 DTD.02.06.2023
3.	REPORT NO. 1	8.	BUYER'S NAME : PROMARTEX PERU S.A.C. Mz A3 LT 1 Urb. Mariscal Caceres,Jiron Canteras.San Juan de Lurigancho,Lima,Peru
4.	AS PER PROFORMA : INVOICE NO.PI/JCL/5282023-24 DTD. 06.05.2023	9.	METHOD USED : REFLECTANCE
5.	QUANTITY NO: 1500.00 KGS	10	LOT NO: 528/1/23 BOX NO. 1 TO 60 MFG DTD: JUN 2023, EXP DTD: MAY 2024

TEST RESULTS

10	11	12	13	14
SELF SHADE REPORT				
SHADE	STRENGTH	DE	DA	DB
0.2	100.02%	0.47	0.22	0.25

16. SOLUBILITY NEUTRAL	: 120 gpl At 30 c.
17. PHYSICAL APPEARANCE OF DYES	: BLUE
18. FORM OF DYES	: POWDER
19. [1] FILTER PAPER USED	: 2 & 4
20. [2] PH OF 1 % SOLN	: 6.5
21. [3] ANTIDUSTING	: 0.60 % GI
22. NAME	: JAGSON LAB

FOR, JAGSON LAB



CHEMIST

Anexo 5. Resultados de análisis de suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : WENDY LISSETT MORALES MEDINA

Departamento : LA LIBERTAD
Distrito : SANTIAGO DE CHUCO
Referencia : H.R. 81183-210C-23

Fact.: 10686

Provincia : TRUJILLO
Predio :
Fecha : 17/11/2023

Número de Muestra	C.E. (1:1)	CaCO ₃ %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat De Bases	
						Arena	Limo	Arcilla			Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺ + H ⁺				
14344	7.23	14.56	0.09	0.60	18.7	1730	46	41	13	Fr.	9.76	4.85	2.47	1.64	0.80	0.00	9.76	9.76	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Constantino Calderón Mendoza
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Celular: 946-505-254
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

METODOS SEGUIDOS EN EL ANALISIS DE SUELOS

- Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
- Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
- pH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 o en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2.5.
- Calcáreo total (CaCO₃): método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
- Materia orgánica: método de Walkley y Black; oxidación del carbono orgánico con dicromato de potasio, %M.O. = %C x 1.724.
- Nitrogeno total: método del micro-Kjeldahl.
- Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO₃-0.5M, pH 8.5.
- Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH₃ - COONH₄)₃N, pH 7.0.
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH₃ - COONH₄)₃N; pH 7.0.
- Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺ cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio (CH₃ - COONH₄)₃N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica.
- Al³⁺, H⁺: método de Yuan. Extracción con KCl. N
- Iones solubles:
 - Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺ solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica.
 - Cl⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻, NO₃⁻ solubles: volumetría y colorimetría. SO₄²⁻ turbidimetría con cloruro de Bario.
 - Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
 - Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

Equivalencias:
1 ppm = 1 mg/kilogramo
1 millimho (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro
1 miliequivalente / 100 g = 1 cmol(+) / kg
Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes
CE (1 : 1) mmho/cm x 2 = CE(es) mmho/cm

TABLA DE INTERPRETACION

Salinidad		Materia Orgánica	Fósforo disponible	Potasio disponible	Relaciones Catiónicas			
Clasificación del Suelo	CE(es)	CLASIFICACIÓN	%	ppm P	ppm K	Clasificación	K/Mg	Ca/Mg
*muy ligeramente salino	<2	*bajo	<2.0	<7.0	<100	*Normal	0.2 - 0.3	5 - 9
*ligeramente salino	2 - 4	*medio	2 - 4	7.0 - 14.0	100 - 240	*defc. Mg	>0.5	
*moderadamente salino	4 - 8	*alto	>4.0	>14.0	>240	*defc. K	>0.2	>10
*fuertemente salino	>8							

Reacción o pH		CLASES TEXTURALES				Distribución de Cationes %	
Clasificación del Suelo	pH	A = arena	Fr.Ar.A = franco arcillo arenoso	Ca ²⁺	=	60 - 75	
*fuertemente ácido	<5.5	A.Fr = arena franca	Fr.Ar = franco arcilloso	Mg ²⁺	=	15 - 20	
*moderadamente ácido	5.6 - 6.0	Fr.A = franco arenoso	Fr.Ar.L = franco arcilloso limoso	K ⁺	=	3 - 7	
*ligeramente ácido	6.1 - 6.5	Fr. = franco	Ar.A = arcilloso arenoso	Na ⁺	=	<15	
*neutro	6.6 - 7.0	Fr.L = franco limoso	Ar.L = arcilloso limoso				
*ligeramente alcalino	7.1 - 7.8	L = limoso	Ar. = arcilloso				
*moderadamente alcalino	7.9 - 8.4						
*fuertemente alcalino	>8.5						

Anexo 6. Resultados de análisis de laboratorio Universidad César Vallejo



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

NOMBRE: Morales Medina Wendy Lissett

ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE QUIMICA AMBIENTAL: Ing. Hitler Román Pérez

ASESOR: Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales

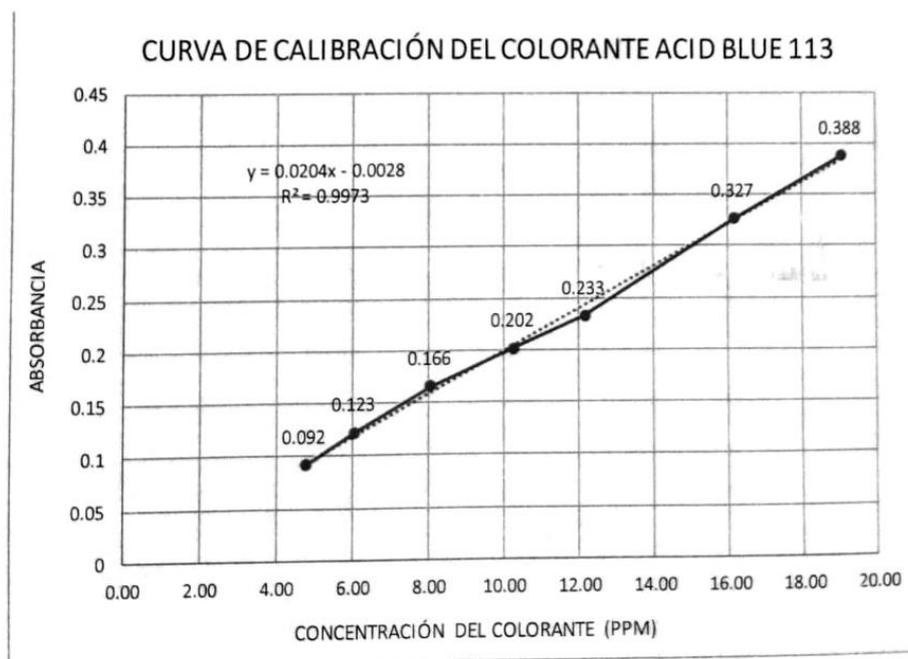
PARAMETROS MEDIDOS: ABSORBANCIA, TEMPERATURA, CONCENTRACIÓN DEL COLORANTE Y PROPORCIONES, CURVA DE CALIBRACIÓN Y PRUEBA DE EMPAQUES.

TIPO DE MUESTRA: Agua sintética contaminada con colorante Acid Blue 113.

LUGAR DONDE SE REALIZO EL ENSAYO: Laboratorio mecánica de suelos y materiales.

RESULTADOS DE LABORATORIO

CURVA DE CALIBRACIÓN



DATOS PARA LA CURVA DE CALIBRACIÓN

$\lambda=563 \text{ nm}$		
Absorbancia	PPM	Colorante (g.)
0.092	4.70	0.0047
0.123	6.00	0.0060
0.166	8.00	0.0080
0.202	10.20	0.0102
0.233	12.10	0.0121
0.327	16.10	0.0161
0.388	19.00	0.0190

- Pre tratamiento

CARACTERIZACIÓN	UNIDAD	RESULTADOS	
		Sin cambio de pH	Con cambio de pH
Temperatura	C°	23.7	24.0
Color	abs	0.251	0.242
pH	0-14	6.89	2.68
Colorante	g	0.132	-

CC INICIAL

12.567

- Prueba para empaques

CANT. DE EMPAQUES DE REFERENCIA (unid)	AGUA CON COLORANTE (ml)	ABS INICIAL	ABS FINAL	% Impregnación
10	100	0.205	0.199	2.93

- Resultados de laboratorio obtenido del espectrofotómetro

CODIGO DE MUESTRA	PROPORCIÓN PORCENTUAL DE LOS COMPONENTES		Tiempo	(abs)			PROM. (abs)
	SUELO	ASERRIN		P1	R2	R3	
	(%)	(%)					
M1	60	40	3	0.177	0.151	0.152	0.160
M2	70	30		0.166	0.145	0.130	0.147
M3	80	20		0.152	0.176	0.172	0.167
M4	60	40	5	0.162	0.146	0.146	0.151
M5	70	30		0.149	0.128	0.117	0.131
M6	80	20		0.138	0.148	0.145	0.144
M7	60	40	10	0.147	0.141	0.139	0.142
M8	70	30		0.117	0.121	0.108	0.115
M9	80	20		0.104	0.118	0.118	0.113

- Concentraciones y % de remoción

PROPORCIÓN PORCENTUAL DE LOS COMPONENTES		TIEMPO (min)	PRUEBAS (abs)						PROM. (ppm)	%Remoción (PROM)
SUELO	ASERRIN		Concentración n (ppm)	%Remoción P1	Concentración n (ppm)	%Remoción R2	Concentración n (ppm)	%Remoción R3		
(%)	(%)									
60	40	3	8.814	30	7.54	40	7.59	40	7.98	36
		5	8.078	36	7.29	42	7.29	42	7.55	40
		10	7.343	42	7.05	44	6.95	45	7.11	43
70	30	3	8.275	34	7.25	42	6.51	48	7.35	42
		5	7.441	41	6.41	49	5.87	53	6.57	48
		10	5.873	53	6.07	52	5.431	57	5.79	54
80	20	3	7.588	40	8.76	30	8.57	32	8.31	34
		5	6.902	45	7.39	41	7.25	42	7.18	43
		10	5.24	58	5.92	53	5.92	53	5.69	55

- Resultados óptimos del post- tratamiento

Tiempo	10 min	% de proporción óptimo		80% - 20%	
PARÁMETROS FÍSICO- QUÍMICO	UNIDAD	COMPARACIÓN		% REMOCIÓN MÁS EFICIENTE	% REMOCIÓN PROMEDIO
		INICIAL	FINAL (resultado óptimo)		
Temperatura	C°	24.0	24.6	-	-
Color	abs	0.242	0.104	58	55
pH	0-14	2.68	6.59	-	-



Hitler Román Pérez
ING. AMBIENTAL

Ing. Hitler Román Pérez
Especialista en laboratorio
de química ambiental




Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

Elmer Benites Alfaro

DNI: 07867259

Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales
Asesor