



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA**  
**AMBIENTAL**

“Aplicación de biofiltro con residuos de pitahaya para la remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Kevin Angel Oblitas Carranza (0000-0001-8410-3522)

**ASESOR:**

Dr. Milton César Tullume Chavesta (0000-0002-0432-2459)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y gestión de los residuos

**LIMA – PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

A mis padres Miguel Oblitas y Nelly Carranza por brindarme su confianza, su esfuerzo y darme su apoyo moral con mucho amor. A Jackeline mi esposa y compañera por estar conmigo en todo este camino. A mi hijo Sebastián y Samantha por ser los motores de seguir firme. A mi familia por recordarme siempre que no debo dejar de soñar.

## **Agradecimiento**

Agradezco a Dios por cuidarme en todo este tramo de mi vida. A la familia Centenario y familia Barrionuevo por su gran apoyo. A mi alma mater, Universidad Cesar Vallejo por las experiencias académicas brindadas para mi desarrollo profesional. Al Dr. Milton Tullume y el Dr. Jhonny Valverde por la orientación profesional que fue esencial en el desarrollo de esta pesquisa. A mis docentes en general y a todos los que han formado parte de mi camino profesional.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	vi
Índice de ilustraciones .....	vii
Índice de gráficos .....	viii
Resumen .....	ix
Abstract .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	11
II. MARCO TEÓRICO .....	14
III. METODOLOGÍA.....	27
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	27
3.2. Variables y operacionalización.....	28
3.3. Población, muestra y muestreo.....	28
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	29
3.5. Procedimientos .....	31
3.6. Métodos de análisis de datos.....	42
3.7. Aspectos éticos.....	43
IV. RESULTADOS .....	43
V. DISCUSIÓN .....	62
VI. CONCLUSIONES .....	65
VII. RECOMENDACIONES.....	66
VIII. REFERENCIAS.....	67

ANEXOS .....	75
Anexo 1. Ficha de características del biofiltro con material de relleno. ....	76
Anexo 2. Ficha de concentración de Cadmio pre y post tratamiento. ....	77
Anexo 3. Matriz de operacionalización de las variables. ....	78
Anexo 4. Matriz de consistencia.....	79
Anexo 5. Diseño del biofiltro.....	80
Anexo 6. Validación de Instrumentos de Recolección de Datos. ....	81
Anexo 7. Cadena de custodia de muestra EF-01 (pre tratamiento). ....	86
Anexo 8. Cadena de custodia de muestras post tratamiento. ....	87
Anexo 9. Fichas de recolección de datos obtenidos. ....	89
Anexo 10. Informes de ensayo de laboratorio.....	91
Anexo 11. Panel Fotográfico. ....	98
Anexo 12. Acreditación del Laboratorio ALAB E.I.R.L.....	109

## Índice de tablas

Tabla 1: Anexo 1. D.S. N° 010-2019-VIVIENDA. ....	21
Tabla 2: Anexo 2. D.S. N° 010-2019-VIVIENDA. ....	21
Tabla 3: Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	30
Tabla 4: Resultados iniciales del efluente industrial – Pre tratamiento. ....	43
Tabla 5: Medición in situ del efluente industrial – pre y post tratamiento. ....	46
Tabla 6: Concentraciones de Cd pre y post tratamiento – Dosis 70 g. ....	50
Tabla 7: Medición in situ del efluente industrial – pre y post tratamiento. ....	51
Tabla 8: Concentraciones de Cd pre y post tratamiento – Dosis 70 g. ....	55
Tabla 9: Eficiencia del biofiltro en la remoción de Cd. ....	56
Tabla 10: Datos muestrales para prueba de normalidad Shapiro-Wilk. ....	59
Tabla 11: Resumen de procesamiento de casos. ....	60
Tabla 12: Prueba de normalidad – Shapiro Wilk. ....	60
Tabla 13: Estadística de muestras relacionadas pre y post tratamiento. ....	61
Tabla 14: Muestras relacionadas entre pre y post tratamientos. ....	62

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Diseño de un lecho filtrante o biofiltro. ....	25
Ilustración 2: Proceso de tratamiento en lecho filtrante. ....	26
Ilustración 3: Recolección de muestras de pozo. ....	32
Ilustración 4: Preservación de muestra EF-01 (pre tratamiento). ....	32
Ilustración 5: Mapa de ubicación de zona de recolección de residuos de pitahaya. .	33
Ilustración 6: Recolección de residuos de pitahaya. ....	34
Ilustración 7: Preparado del material de relleno. ....	34
Ilustración 8: Obtención de las fibras de pitahaya. ....	35
Ilustración 9: Ensamblado del sistema de biofiltro. ....	36
Ilustración 10: Modelo de Vizcaino de flujo continuo ascendente. ....	37
Ilustración 11: Diseño de red hidráulica del sistema de biofiltro. ....	38
Ilustración 12: Ajuste manual hidráulico del sistema de biofiltro. ....	38
Ilustración 13: Recolección de muestras post tratamiento. ....	39
Ilustración 14: Muestras post tratamiento (F70-1-R1; F70-1-R2 y F70-1-R3). ....	40
Ilustración 15: Muestras post tratamiento (F70-2-R1; F70-2-R2 y F70-2-R3). ....	40
Ilustración 16: Muestras post tratamiento (F150-1-R1; F150-1-R2 y F150-1-R3). ....	41
Ilustración 17: Muestras post tratamiento (F150-2-R1; F150-2-R2 y F150-2-R3). ....	41

## Índice de gráficos

Gráfico 1: Generación y tratamiento de efluentes. ....	12
Gráfico 2: Resultado de pH en la muestra inicial (EF-01) .....	44
Gráfico 3: Resultado de Conductividad Eléctrica en la muestra inicial (EF-01).....	45
Gráfico 4: Resultado de Oxígeno Disuelto en la muestra inicial (EF-01).....	45
Gráfico 5: Resultados de pH - post tratamiento con dosis de 70 g.....	47
Gráfico 6: Resultados de Conductividad Eléctrica - post tratamiento con dosis de 70 g. .....	48
Gráfico 7: Resultados de Oxígeno Disuelto - post tratamiento con dosis de 70 g.....	49
Gráfico 8: Concentraciones de Cadmio - post tratamiento con dosis de 70 g. ....	50
Gráfico 9: Concentración de Cd removidas - post tratamiento con dosis de 70 g. ....	51
Gráfico 10: Resultados de pH - post tratamiento con dosis de 150 g.....	52
Gráfico 11: Resultados de Conductividad Eléctrica - post tratamiento con dosis de 150 g. ....	53
Gráfico 12: Resultados de Oxígeno Disuelto - post tratamiento con dosis de 150 g.	54
Gráfico 13: Concentraciones de Cadmio - post tratamiento con dosis de 150 g. ....	55
Gráfico 14: Concentración de Cd removidas - post tratamiento con dosis de 150 g.	56
Gráfico 15: Concentración de Cd pre - post tratamiento con dosis de 70 y 150 g.....	57
Gráfico 16: Eficiencia de los tratamientos con dosis de 70 y 150 g y TRH de 1 y 2 horas. .....	58
Gráfico 17: Gráfico Q-Q de normalidad de las concentraciones finales de Cd- .....	60

## **Resumen**

La presente investigación abordó como objetivo determinar la eficiencia de la aplicación de un biofiltro con residuos de pitahaya como material de relleno para la remoción de Cadmio (Cd) en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020, Luego determinar la dosis favorable del material de relleno, el mejor tiempo de retención hidráulica y las concentraciones de Cadmio que fueron removidas. Para esto, se recolectaron las muestras de una poza dentro de la empresa donde son dirigidos los efluentes y posteriormente ser direccionados a la red de alcantarillado; del mismo modo, se realizó el análisis de laboratorio inicial para determinar la concentración de Cd; posteriormente se realizó la recolección y obtención del material de relleno (residuos de pitahaya: fibras), así como la construcción del diseño del biorreactor para dos (2) dosis distintas de material de relleno (70 g y 150 g); de igual manera, se realizaron los cálculos hidráulicos del sistema y se ajustaron a dos (2) tiempos (1 y 2 horas) para cada dosis establecida, esta distribución del tratamiento dio en total doce (12) muestras tratadas. Finalmente, en el análisis descriptivo de los datos se obtuvo que la eficiencia más alta de remoción de Cd es de 86,6%, es decir cuando la concentración inicial de Cd era de 0,3972 mg/L se logró una concentración final de Cd de 0,0532 mg/L empleando una cantidad de material de relleno de 150 g, altura del material dentro del biofiltro de 16 cm y tiempo de retención hidráulica de 2 horas. Sobre el análisis inferencial se determinó que el biofiltro es eficiente para la remoción de Cd en efluentes de industria de pigmentos.

**Palabras clave:** Biofiltro, material de relleno, adsorción.

## **Abstract**

The objective of this research is to determine the efficiency of the application of a biofilter with pitahaya residues as filling material for the removal of cadmium (Cd) in effluents from the pigmentation industry, Comas, 2020, then determine the favorable dose of the material of backfill, best hydraulic retention time, and cadmium concentrations that were removed. For this, samples were collected from a pond within the company where the effluents are directed and later be directed to the sewerage network; in the same way, the initial laboratory analysis was carried out to determine the concentration of Cd; subsequently, the collection and obtaining of the filling material (pitahaya residues: fibers) was carried out, as well as the construction of the bioreactor design for two (2) different doses of filling material (70 g and 150 g); Similarly, the hydraulic calculations of the system were carried out and adjusted to two (2) times (1 and 2 hours) for each established dose. This distribution of the treatment gave a total of twelve (12) treated samples. Finally, in the descriptive analysis of the data, it was obtained that the highest Cd removal efficiency is 86.6%, that is, when the initial concentration of Cd was 0.3972 mg / L, a final concentration of Cd was achieved. of 0.0532 mg / L using a quantity of filling material of 150 g, height of the material inside the biofilter of 16 cm and hydraulic retention time of 2 hours. On the inferential analysis, it was determined that the biofilter is efficient for the removal of Cd in effluents from the pigment industry.

**Keywords:** Biofilter, filler material, adsorption.

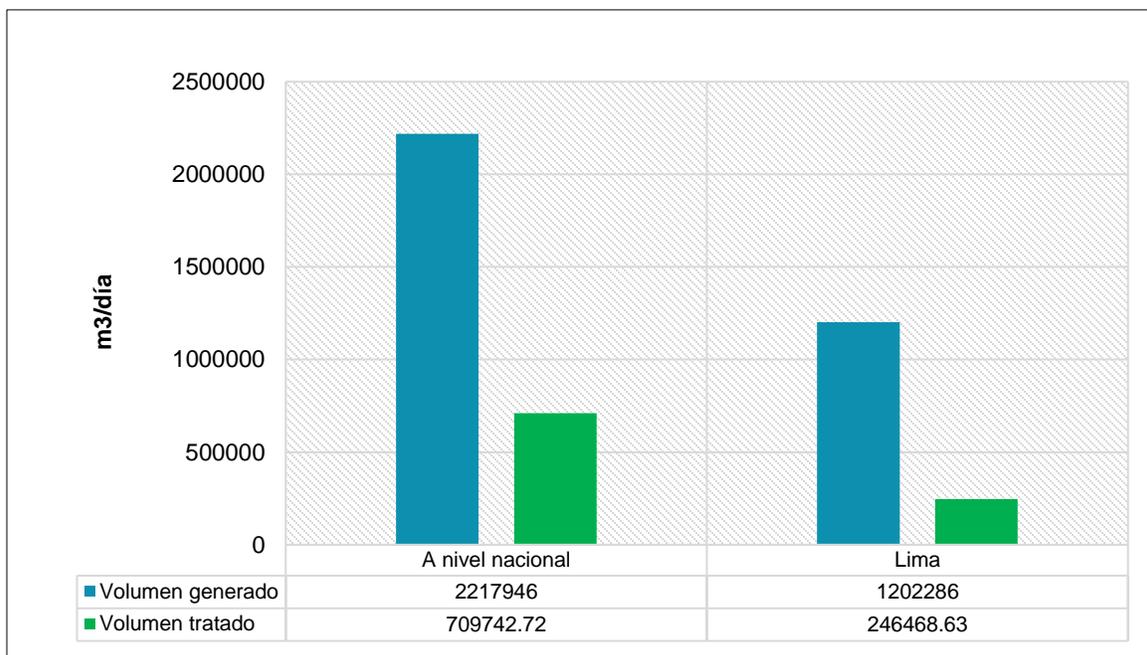
## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la contaminación de los cuerpos de agua a causa de efluentes industriales que contienen metales pesados representan una gran problemática alrededor del mundo por los altos niveles de toxicidad y persistencia, más aún cuando los efluentes son vertidos a los cursos de agua como ríos y alcantarillado sin recibir un tratamiento anterior, e incluso que el 70% de las aguas residuales de la región latinoamericana no recibe tratamiento antes de su disposición, de esta forma representa un riesgo a la salud pública y el medio ambiente. (Yee-Batista, 2013, párr. 5).

Posteriormente, la UNESCO (2017) confirmó que en la mayor parte de países en vías de desarrollo informa que los efluentes industriales se vierten directamente a los cursos de agua sin recibir tratamiento previo, de hecho, el mismo Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos promedia que en países con ingresos bajos solo el 8% de las aguas residuales municipales e industriales reciben tratamiento (p. 8).

En el Perú el 70% de los efluentes domésticos e industriales fueron dispuestos a los cursos de agua sin recibir previo tratamiento, incluso que en nuestro territorio muchas empresas industriales vierten sus efluentes a cuerpos naturales o redes de alcantarillado sin recibir tratamiento previo acarreado consigo el desequilibrio y daños a las redes de alcantarillado y los ecosistemas (Gonzales Del Valle, 2010, párr. 1). Asimismo, a causa del vertimiento de efluentes por actividades urbanas, industriales, agrícolas y mineros se ve comprometida la calidad del agua lo cual se viene acrecentando (Ministerio del Ambiente, 2018, p. 43)

Posteriormente, según se indicó en el Informe de Fiscalización Ambiental en Aguas Residuales en el Perú se generan 2 217 946 m<sup>3</sup>/día de efluentes aproximadamente; sin embargo, solo el 32% reciben tratamiento, incluso en Lima se generan 1 202 286 m<sup>3</sup>/día y el 20,5% de estos efluentes recibe tratamiento (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014, p. 16).



*Gráfico 1: Generación y tratamiento de efluentes.*

*Fuente: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2014, p. 16.*

A nivel local, se explica el caso de una industria de pigmentaciones ubicada en Comas, esta industria emplea sulfuro de Cadmio como colorante químico que proporciona el amarillo, anaranjado y rojo para el proceso de pigmentación el cual como residuo final genera efluentes con contenido de Cadmio que es conducido hacia una poza de recolección y finalmente direccionado a la red de alcantarillado público; el análisis de laboratorio que se realizó a este efluente indicó que la concentración de Cadmio es de 0,3972 mg/L (ver Anexo 10) lo cual supera el Valor Máximo Admisible de 0,2 mg/L que indica el D.S. N° 010-2019-VIVIENDA, pese a esto se conoce que este elemento químico es uno de los metales pesados más perjudiciales para el medio ambiente y el ser humano, e incluso actualmente los alimentos y el agua son las fuentes de exposición principales en donde se acumula este elemento (Londoño et al., 2016, p 148).

Por esta razón, se realizó la investigación sobre una alternativa de origen orgánico a partir de residuos de pitahaya mediante la implementación de un biofiltro (también conocido como lechos fijos) con la necesidad de incluir un medio de solución de

bajo costo y menor empleo de insumos químicos, siendo esta medida amigable con el medio ambiente.

En base a lo expuesto, se formuló el problema general siguiente: ¿Cuánto es la eficiencia del biofiltro con residuos de pitahaya para la remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020?, asimismo, se plantearon los siguientes problemas específicos: PE1: ¿Cuánto es la dosis favorable de residuos de pitahaya dentro del biofiltro para la remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020?; PE2: ¿Cuál es el mejor tiempo de retención hidráulica del biofiltro con residuos de pitahaya para la remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020?; PE3: ¿Cuánto es la concentración de Cadmio removida en el biofiltro de residuos de pitahaya del efluente de industria de pigmentaciones, Comas, 2020?; y PE4: ¿Cuál es la calidad de los parámetros físico-químicos sobre pH, conductividad y oxígeno disuelto luego de aplicar el biofiltro con residuos de pitahaya al efluente de industria de pigmentaciones, Comas, 2020?.

Esta pesquisa se justificó por la importancia y necesidad de plantear una nueva solución como medida correctiva para el tratamiento previo de los efluentes industriales que provienen de las actividades y procesos de pigmentación; asimismo, el esclareciendo mediante la aplicación de criterios técnicos y teorías obtenidos a lo largo de la preparación académica; del mismo modo, se dio a conocer los procedimientos empleados. Además, económicamente la implementación y operación de este sistema no requiere de inversiones significativas (Garzón et al., 2016, p. 199); además, los materiales estructurales del sistema y del material de relleno son accesibles y de bajo costo lo cual se considera viable en el uso de estos recursos. Finalmente, por el impacto socio-ambiental nuestra población se beneficia de forma indirecta y mitigará el impacto negativo hacia las redes de alcantarillado público, lo cual evitará comprometer a los cuerpos de agua cercanos a la zona de trapiche (río Chillón).

Por lo descrito, se planteó el siguiente objetivo general: Determinar la eficiencia del biofiltro con residuos de pitahaya para la remoción de Cadmio (Cd) en efluentes de

industria de pigmentaciones, Comas, 2020. Asimismo, se formula los objetivos específicos siguientes: OE1: Establecer la dosis favorable de los residuos de pitahaya como material de relleno en el biofiltro para la remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020; OE2: Determinar el mejor tiempo de retención hidráulica del biofiltro con residuos de pitahaya para la remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020; y finalmente, OE3: Determinar la concentración de Cadmio removida el biofiltro por los residuos de pitahaya en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020; y OE4: Determinar la calidad de los parámetros físico-químicos sobre pH, conductividad y oxígeno disuelto luego de aplicar el biofiltro con residuos de pitahaya al efluente de industria de pigmentaciones, Comas, 2020.

De la misma forma esta investigación al ser de enfoque cuantitativo se midieron las variables con el propósito de experimentar la hipótesis general de investigación: El biofiltro con residuos de pitahaya es eficiente para la remoción de Cadmio (Cd) en efluentes de industria de pinturas, Comas, 2020.

## **II. MARCO TEÓRICO**

De acuerdo a la revisión de investigaciones que forman parte de los antecedentes, se encuentran Li y Champagne (2009), quienes inciden en su artículo científico titulado *“Estudio de columna de lecho fijo para la eliminación de iones de Cadmio y níquel de soluciones acuosas utilizando turba y conchas de moluscos”*, evaluaron la extracción de metales pesados, deficiencias y capacidades de adsorción de turba de musgo y conchas de moluscos como adsorbente de filtro. Se obtuvo que, el tratamiento con mayor eficiencia para el Cadmio se logró en una columna con 15 cm de conchas de moluscos consiguiendo una extracción total de Cd con eficiencia de 47,9%, asimismo se obtuvo la mejor eliminación de iones níquel con 42,7% en una columna que estaba lleno con 15 cm de musgo de turba y a una carga hidráulica de 1,5 ml/min. Al final se concluyó que, la formulación combinada de turba y conchas de moluscos trituradas podrían ser eficaces en los tratamientos de efluentes residuales que contengan iones de metales pesados.

Vizcaíno y Fuentes (2015) en su artículo titulado *“Biosorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pretratada de algas rojas, cáscara de naranja y tuna”*. Evaluó la eficiencia de biosorción de Zn, Pb, y Cd, luego de la aplicación del tratamiento mediante un reactor de flujo continuo de columna fija, dejando correr 400 ml de muestra para tratamiento y agregando 75 g de biomasa con tiempos de retención de 1 y 2 horas en promedio, para esto se aplicó un pre - tratamiento con tuna, cascara de naranja y algas rojas que tuvo como resultados que los materiales de relleno utilizados son capaces de remover hasta el 90% de Pb y Cd, mientras que en el Zinc se tiene una eficiencia del 62%. Asimismo, al realizarse los ensayos las concentraciones finales de Cd fueron menores al límite mínimo de detección (0.014 mg/L), con los equipos de medición.

Posteriormente, Shohreh, Ilunga y Tekere (2016) manifiestan en la presente pesquisa titulada *“Evaluación de la extracción de metales pesados de aguas residuales en un reactor de biopelícula de lecho empacado modificado”*, el objetivo de evaluar la eficiencia y capacidad del proceso para remover los metales pesados a diversas concentraciones. En este estudio se empleó un diseño experimental, con resultados de la eficiencia de eliminación del 71,01% de Cadmio y 85,28% de cobre cuando las concentraciones eran de 8 mg/L, asimismo, se obtuvo una eficiencia de eliminación del 11% de Cadmio y del 32,69% de cobre cuando las concentraciones eran de 40 mg/L, esto ocurrió con un tiempo de retención de 2 horas. Se concluyó que el Cu se elimina más fácilmente a comparación del Cd, condiciones del sistema y el tiempo de retención para eliminación el cual no debe ser menor a 8 horas.

Tadepalli (2016) en su tesis titulada *“Eliminación de iones de metales pesados de efluentes industriales utilizando adsorbentes de bajo costo en la columna de lecho empacado”* indicó que se tuvo como objetivo estudiar el efecto de varios parámetros del lote, como el efecto del pH, el adsorbente, dosis, tiempo de contacto para cobre (Cu) y Cadmio (Cd) utilizando efluentes industriales con adsorbente mixto y mazorcas de maíz, asimismo, estudiar el efecto de la eliminación simultánea de iones metálicos (Cu y Cd) para comprender la interacción de los iones. El diseño de investigación fue experimental, obteniendo resultados la remoción en 97,21% de Cu y 78,76% de Cd con tiempo de retención de 2 horas y valor de pH 6, adicionándose

dosis de 5 g/L de adsorbente para cada metal, agitación de 180 rpm y acondicionando una temperatura de 40°C en el sistema. Se concluyó que los estudios de eliminación de iones metálicos simultáneas, se obtuvo más porcentaje de eliminación de Cu en comparación con el Cd y la razón era debido al peso atómico de Cd que en el de Cu.

Seguidamente, Bermejo (2016), en sus tesis titulada *“Remoción de plomo y Cadmio presente en aguas residuales mineras mediante biosorción en columnas con bagazo de caña y cáscara de cacao”* señaló que se evaluó la biosorción de Pb y Cd en lechos rellenos con bagazo de caña y cáscaras de cacao y observando que factores afectan los procesos de biosorción el cual tuvo como resultado que la capacidad de adsorción, es similar para los dos metales, la remoción de Cd fue mayor al del Pb con 92% y 89% respectivamente. Esto se logró empleando 18,67 cm de material de relleno, los cuales presentan superficies porosas que facilita también el proceso de remoción.

Asimismo, Lara (2016), en su artículo titulado *“Adsorción de plomo y Cadmio en sistema continuo de lecho fijo sobre residuos de cacao”*, evaluó la capacidad de adsorción de los residuos orgánicos de Cacao para remover partículas de metales pesados, así también calculó la eficiencia de remoción de dichos metales. Los resultados obtenidos fueron que la cáscara de cacao es eficiente en la remoción de Cadmio presente en efluentes del tipo sintético, logrando remover 87,80% de Cd y 91,32% de Pb cuando las concentraciones iniciales eran de 100 mg/L y tiempo transcurrido de retención de 4, 5 horas. Se concluyó que los residuos de cacao son eficientes como material de relleno en la remoción de Cd y Pb presentes en aguas residuales utilizando estos biofiltros en columnas.

Asimismo, Abdolali, Ngo, Guo, Zhou, Jian et al. (2017), refieren en su artículo titulado *“La aplicación de un biosorbente de gran avance para eliminación de metales pesados en aguas residuales, en una escala de laboratorio con columna continua de lecho fijo”*, indicaron que tuvieron como objetivo principal examinar múltiples biosorbentes modificados químicamente en un lecho empaquetado para eliminar metales pesados en aguas residuales. Luego se presentan como

resultados que las capacidades de adsorción fueron de 38,25 mg/L de Pb; 63,37 mg/L de Cd; 108,12 mg/L de Cu y 35,23 mg/L Zn. La capacidad máxima de biosorción se lograron con un lecho de 310 mm de altura, velocidad de flujo de 10 ml/min y el pH del afluente de 5,5. La capacidad de biosorción de Pb fue la más alta en comparación con los de otros metales debido a mejor afinidad hacia biosorbentes. Concluyendo que el modelo utilizado para la biosorción de los metales es un método efectivo y las especies vegetales como cualquier ser vivo, tienen la capacidad de absorber o incluir dentro de su sistema inmunológico sustancias o elementos químicos.

Luego, Sooksawat, Metam, Kruatrache, Pokethitiyook y Inthorn (2017), en su artículo titulado *“Rendimiento de la columna de lecho empaquetado utilizando biomasa para la eliminación de iones de Pb y Cd de las aguas residuales”*, indicaron que el objetivo era implementar un mecanismo fisicoquímico de eliminación para reducir las concentraciones de metales presentes en las aguas residuales, tomando en consideración las diversas biomásas tales como; plantas acuáticas, marrón y algas verdes por biosorción de lecho empaquetado. Teniendo como resultados que la reutilización de la columna de lecho relleno en el tercer ciclo reutilizado mostró la capacidad de regeneración de biosorbente agregando ácido clorhídrico HCl 0,1 molar como electrolito, encontrándose la más alta eficiencia de 100% para Cd. Finalmente, el estudio mostró que la columna tenía buena propiedad de biosorción en una columna de lecho relleno y considerando parámetros tales como la profundidad del lecho, flujo, y concentraciones del metal.

Finalmente, Ibrahim et al. (2019) en su pesquisa titulada *“Eliminación de metales pesados utilizando un biorreactor de lecho fijo lleno de un soporte sólido”* tuvo como objetivo implementar un lecho fijo con el fin de mejorar la extracción de metal de algunas muestras de aguas residuales contaminadas. Se empleó un diseño experimental, que tuvo como resultado de 100% de eficiencia de eliminación para  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$  y  $\text{Cd}^{2+}$  en condiciones con 7,5 de pH, empleando masa bacteriana de 750 mg/L y tiempo de contacto de 48 a 24 horas. Se concluyo que, la aplicación del lecho fijo como biorreactor tiene la capacidad de eliminar metales en muestras contaminadas aplicando la bacteria *Pseudomonas sp.*

Precisemos que los metales pesados son elementos inorgánicos encontrados en el medio natural, en algunos casos son esenciales para los seres vivos bajo ciertas condiciones normales (Fe, Mg, Zn, Mo) y en otros casos no se le conoce utilidad para los organismos vivientes (Cr, As, Pb, Hg, Cu y el Cd); sin embargo, son empleados como insumos químicos, materia prima u otro fin en los procesos de algunas industrias. En efecto como todo proceso industrial se generará residuos sólidos o líquidos que tendrán presencia de los insumos químicos que han intervenido en el proceso. Evidentemente al tratarse de residuos líquidos se descargan a los cursos de agua presentando altas concentraciones de estos metales (Stanley, 2006, p. 148). Los metales pesados ocasionan considerablemente efectos nocivos en el ambiente y el ser humano, incluso aunque se encuentren en mínimas concentraciones son bioacumulables, persistentes y no sean biodegradables (Vera, Uguña y Vásquez, 2015, p. 4).

Con respecto al Cadmio este elemento se consigue como subproducto de los procesos de obtención de zinc y es recuperado para ser empleado en industrias como las de pigmentación, la cual emplea sulfuro de Cadmio característicamente amarillo, anaranjado y rojo, al final el Cadmio se encontrará presente en los efluentes que salen del proceso de la industria (Cabildo et al., 2013, p. 203).

Por lo tanto, las aguas residuales o en este caso los efluentes industriales generados son aquellas cuya calidad ha sido alterada dentro de un proceso o actividad llevada por el hombre y finalmente por su condición necesitan de un pre -tratamiento para ser recuperadas o sean dispuestas a la red pública, en algunos casos directamente a cuerpos naturales (OEFA, 2014, p. 12).

En la medida que los efluentes industriales se vierten a los cursos de agua se contamina el agua, y la contaminación del agua se explica como la acumulación de sustancias o agentes tóxicos, así como el vertimiento de algún líquido considerado nocivo que comprometa negativamente un sistema hídrico (lago, una cuenca, río, océano, etc.) alterando su calidad (MINAM, 2014, p. 8). Por ejemplo, la existencia de metales pesados en los sistemas hídricos cuando se encuentran en cantidades excesivas perjudica a los organismos que se desarrollan en el medio acuático y

quienes intervienen en este (Jiaping, 2012, p. 332). Es decir, que la contaminación del agua a causa de agentes negativos tiene repercusión hacia el medio que interactúa con él.

En consecuencia, al referirnos a la contaminación del agua con la cual podemos interactuar trae consigo posibles problemas a la salud (Organización Mundial de la Salud, 2017, párr. 1) Tratándose del Cadmio los efectos negativos son la intoxicación al entrar en contacto con este elemento y se haya bioacumulado dentro del organismo, este factor es uno de los problemas principales; de hecho a consecuencia del Cadmio se destruyen los tejidos internos de la persona causando daños serios a largo plazo, incluso causa alteraciones en las funciones fisiológicas, cardíacas, algunos tipos de cáncer, entre otras (Goldman y Schafer, 2017, p. 148).

Por otra parte, existen las exigencias peruanas en materia ambiental como la Ley General del Ambiente - Ley N° 28611, publicada el 13 de octubre del año 2005, deja sin efecto el Código del Medio Ambiente y Los Recursos Naturales D.S. N° 613 (1990). En esta norma se menciona los derechos que posee toda persona a gozar de un ambiente saludable y poder participar de manera responsable en los métodos sobre la toma de decisiones, así mismo en la aplicación de las políticas y medidas preventivas al ambiente y sus dispositivos, que se acojan en cada uno de los niveles de gobierno, con relación al Estándar de Calidad Ambiental, vertimiento de aguas residuales y del tratamiento de residuos líquidos se menciona a continuación a los siguientes artículos:

Artículo VI- Del principio de sostenibilidad: La gestión del ambiente y de sus componentes, así como el ejercicio y la protección de los derechos que establece la presente Ley, se sustentan en la integración equilibrada de los aspectos sociales, ambientales y económicos del desarrollo nacional, así como en la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones.

Artículo 31° - Del Estándar de Calidad Ambiental: El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo

significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

Artículo 32° - Del Límite Máximo Permisible: 32.1 El Límite Máximo Permisible - LMP, es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por la respectiva autoridad competente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

Artículo 120° - De la protección de la calidad de las aguas: 120.1 El Estado, a través de las entidades señaladas en la Ley, está a cargo de la protección de la calidad del recurso hídrico del país. De igual manera se encuentra el 120.2 donde menciona que el estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de su reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para su reúso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizarán.

Artículo 121° - Del vertimiento de aguas residuales: El Estado emite en base a la capacidad de carga de los cuerpos receptores, una autorización previa para el vertimiento de aguas residuales domésticas, industriales o de cualquier otra actividad desarrollada por personas naturales o jurídicas, siempre que dicho vertimiento no cause deterioro de la calidad de las aguas como cuerpo receptor, ni se afecte su reutilización para otros fines, de acuerdo a lo establecido en los ECA correspondientes y las normas legales vigentes.

Artículo 122° - Se abarca sobre el tratamiento de residuos líquidos y otorga competencia al sector Vivienda, Construcción y Saneamiento que es responsable de la vigilancia y sanción por el incumplimiento de LMP en los residuos líquidos domésticos, en coordinación con las autoridades sectoriales que ejercen funciones relacionadas con la descarga de efluentes en el sistema de alcantarillado público.

Asimismo, que corresponde a las entidades responsables de los servicios de saneamiento la responsabilidad por el tratamiento de los residuos líquidos domésticos y las aguas pluviales.

De igual forma, las empresas o entidades que desarrollan actividades extractivas, productivas, de comercialización u otras que generen aguas residuales o servidas, son responsables de su tratamiento, a fin de reducir sus niveles de contaminación hasta niveles compatibles con los ECA y otros estándares establecidos en instrumentos de gestión ambiental, de conformidad con lo establecido en las normas legales vigentes.

Finalmente, el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario (D.S. N° 010-2019-VIVIENDA) publicado el 11 de marzo del 2019, indica que se debe pasar por tratamiento las aguas residuales para disposición o reúso, que garantice la sostenibilidad de las redes de alcantarillado y tratamiento de las aguas residuales posteriores; asimismo se pueda disminuir riesgo al personal perteneciente al prestador de los servicios de saneamiento cuando tenga contacto con las descargar de aguas residuales de origen no domésticas (Ver Tablas 1 y 2).

*Tabla 1: Anexo 1. D.S. N° 010-2019-VIVIENDA.*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Simbología</b>	<b>VMA para descargas al sistema de alcantarillado</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	DBO <sub>5</sub>	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	DQO	1 000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	SST	500
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	100

*Fuente: D.S. N° 010-2019-VIVIENDA*

*Tabla 2: Anexo 2. D.S. N° 010-2019-VIVIENDA.*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Simbología</b>	<b>VMA para descargas al sistema de alcantarillado</b>
Aluminio	mg/l	Al	10
Arsénico	mg/l	As	0,5
Boro	mg/l	B	4

Parámetro	Unidad	Simbología	VMA para descargas al sistema de alcantarillado
Cadmio	mg/l	Cd	0,2
Cianuro	mg/l	CN <sup>-</sup>	1
Cobre	mg/l	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/l	Cr <sup>+6</sup>	0,5
Cromo total	mg/l	Cr	10
Manganeso	mg/l	Mn	4
Mercurio	mg/l	Hg	0,02
Níquel	mg/l	Ni	4
Plomo	mg/l	Pb	0,5
Sulfatos	mg/l	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	1 000
Sulfuros	mg/l	S <sup>-2</sup>	5
Zinc	mg/l	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	NH <sup>+4</sup>	80
Potencial de Hidrógeno	unidad	pH	6 – 9
Sólidos Sedimentables	ml/l/h	SS	8,5
Temperatura	°C	T	<35

*Fuente: D.S. N° 010-2019-VIVIENDA*

En atención a lo expuesto, existen métodos para el tratamiento previo del agua como los métodos no convencionales, los cuales favorecen la adsorción de contaminantes (Bonilla, Mendoza y Reynel, 2017, p. 139). Estos métodos convencionales son propuestas nuevas basadas en biotecnología y ecotecnología que resaltan por su aplicación como procesos naturales (Alamis, 2010, p. 2), en este caso la biosorción.

Ante todo, la biosorción es un proceso que se aplica en soluciones acuosas donde se emplean biomasas como material inerte con el fin de actuar como biosorbentes, de este modo las biomasas adhieren los metales pesados representando como ventaja principal bajos costos y fácil diseño para la aplicación; sin embargo, el éxito de este método dependerá del biosorbente que será empleado (Marín, 2012, p. 120), además de la concentración de contaminante que se desea retirar, más aun cuando se trata de la biosorción de Cd<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, y Cr<sup>3+</sup> que se encuentran disueltos (Bach y Rohmer, 2012, p. 155).

En otras palabras, este proceso actúa con el material biosorbente y el medio acuoso donde estarán las partículas que se desea sorber (iones metálicos en este caso).

Hay variedad de biosorbentes dentro de los cuales están los microbianos y los biológicos, asimismo se aprovechan como biosorbentes algunos residuos de actividades agrícolas, como pajillas de trigo, cáscaras de frutos, residuos de podas de áreas verdes, cortezas, entre otros, incluso actualmente se vienen estudiando otros biosorbentes económicamente accesibles de conseguir y puedan ser empleados en la remoción de metales pesados para el tratamiento de aguas (Schnoor, 2003).

Cuando hablamos de materiales biosorbentes debemos exponer acerca de los rellenos naturales; en este caso por sus características internas y externas se encuentra la Pitahaya (*Hylocereus undatus*) de la familia de las cactáceas, esta es una planta perenne que crece de forma arbustiva y es trepadora sobre muros, rocas o troncos. Esta planta posee tallo succulento, es decir, que en el interior posee tejidos con la capacidad de almacenamiento y regulador de agua, así como composición fibrosa; por otro lado, la parte externa presenta cobertura espinosa la cual es una característica común entre las cactáceas (Instituto Colombiano Agropecuario, 2012, p. 6). Cabe mencionar que esta planta crece principalmente en Colombia; sin embargo, también crece en departamentos del Perú como Ancash y el Amazonas. Finalmente, el cultivo de esta especie se debe a que produce el fruto también llamado pitahaya, considerado altamente nutritivo (Ministerio de Agricultura, 2009, p. 66).

Actualmente, se ha tomado interés en el estudio de biomateriales adsorbentes gracias a sus propiedades estructurales para acumular contaminantes entre sus tejidos o superficies fibrosas (Romero et al., 2010, p. 2), como ejemplo del funcionamiento acumulativo se encuentra la bioadsorción de plomo (Pb) en los residuos de lechuguilla (*Agave lechuguilla Torr.*).

A propósito de la biosorción, los estudios evalúan la capacidad de adsorción del adsorbente, es decir la característica del adsorbente para lograr retener cierta cantidad de adsorbato, es por esto que es importante obtener el material necesario que involucre también una buena superficie (tamaño y porosidad), de hecho, la

consideración de este parámetro puede reflejar que tan viable es para la operación y el efecto económico (Bach y Rohmer, 2012).

Por otro lado, se aplican diversas técnicas con adsorción y en especial la aplicación de lechos filtrantes como biorreactores el cual es un tratamiento biológico aplicado para efluentes residuales en el cual se emplean materiales de relleno contenidos en una forma cilíndrica por donde circula un efluente que se quiere tratar (López y Martín, 2017, p. 286). La filtración empleando estos tipos de lecho pueden ocurrir en dos formas, filtración rápida y filtración lenta; la primera se realiza como un tratamiento terciario, cuando se busca facilitar usos posteriores del agua antes depurada. En cuanto a la filtración lenta, la efectividad depende del tipo de materia que se busca filtrar, ya que se quiere que él pueda discurrir entre el lecho y no genere un bloqueo, por lo tanto, es pertinente que elija correctamente el material de relleno. Cuando se tratan de lechos filtrantes estos pueden ser de un único material o de varios materiales, lo cual dependerá de la efectividad y del problema que se busque solucionar (Marín, 2012, p. 87, 88).

Debe señalarse que si hay predominante acción de fuerzas físicas en estos procesos de tratamiento es cuando se le conocen como operaciones unitarias, por ejemplo, los procesos de flotación, precipitación, destilación, dilución, secado, filtración son procesos típicos de operaciones unitarias. (Machuca y Sánchez, 2014, p. 6).

Asimismo, estos lechos de filtración se diseñan de forma cilíndrica mayormente (ver Ilustración 1), lo cual evita la formación de zonas de cero contactos. Por dicha razón en cuanto al diseño se consideran algunos factores para el funcionamiento eficiente como los tiempos de retención, el flujo de efluente, el tipo de material de filtrante en el lecho (Ríos, 2017). Cabe mencionar que en cuanto a los materiales filtrantes se utilizan distintos materiales como estratos en los cuales los agentes presentes en los efluentes industriales son degradados o en otros casos adheridos a las superficies del material de filtro (Ver Ilustración 3), esto conlleva a la disminución de contaminantes en el agua residual (Ramos, 2010). En algunos casos el líquido que será tratado pasa por perlas de intercambio de iones, o llamadas también resinas.

Este método se emplea para casos de ablandamiento y desmineralización de agua (Sengupta, 2001, p. 67). Los intercambiadores también utilizados son poliméricos químicamente estables para estos procesos (Sengupta y Marcus, 2001, p. 295).



*Ilustración 1: Diseño de un lecho filtrante o biofiltro.  
Fuente: Marín, 2012, p. 87, 88.*

Sin duda se deben considerar también las características de diseño donde se encontrará el material filtrante, estas consideraciones importantes aportan a la eficiencia del sistema (Rousseau, 1987, p. 717). Es por ello que a continuación se mencionan las características más relevantes:

- Dimensiones las columnas de filtración.
- Tamaño del material filtrante.
- Tiempo de Retención

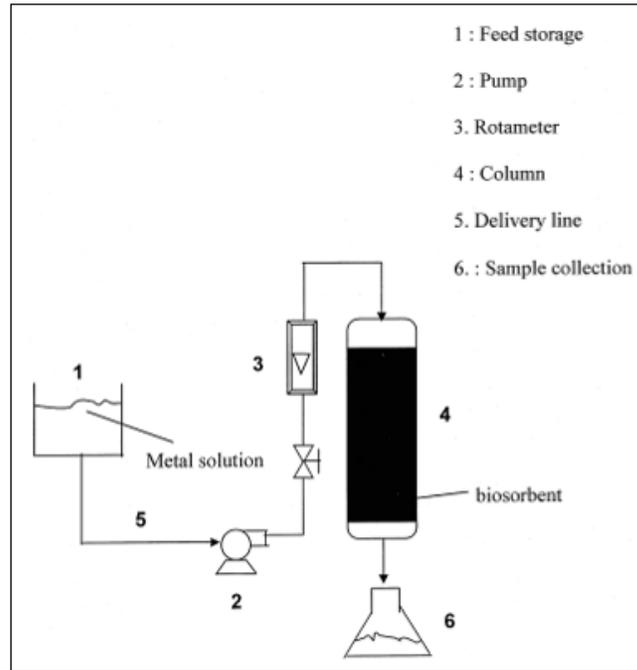
$$TRH = \frac{v}{Q}$$

Donde:

V: Volumen.

Q: Caudal.

De la formula se infiere que a mayor caudal menor tiempo de retención hidráulica.



*Ilustración 2: Proceso de tratamiento en lecho filtrante.  
Fuente: Zulfadhly, Mashitah y Bhatia, 2001.*

Para los casos de filtración, se debe tener cuidado con los de flujo descendente ya que el contaminante puede ser llevado por precipitación a la salida si no hay buen contacto con el material filtrante; por otro lado, los de flujo ascendente evitan en cierto modo que el contaminante llegue hasta la salida ubicada en la parte superior, asimismo el lecho o biofiltro puede ser limpiado en la dirección contraria (Lottermoser, 2007, p. 108).

Cuando se emplean biofiltros o lechos de filtración se debe explicar aquello que ocurre dentro del sistema, por más simple que puede parecer existen fenómenos que hacen que el sistema funcione, justifique su empleabilidad y motivos de estudio.

Dicho de este modo se resalta que sobre los diseños filtrantes existen los de carga baja, el cual son sencillos y fiables en su implementación, así también, son de

estructura rectangular o circulares donde la circulación hidráulica es contante y no es recirculante (Metcalf E. y Metcalf L., 1997). Dicho sistema tiene efecto gracias a su columna de sorción cuando se trata de metales pesados y empleando diversos tipos de materiales de relleno (Ronneau, Bitchaeva, 2012). De este modo se pueden incluir materiales de origen biológico para la remoción o eliminación de metales pesados como por ejemplo el cromo, zinc y Cadmio (Asociación Europea Océanique, 2012, p. 174).

Con respecto a los mecanismos ocurrentes dentro del sistema se encuentra la adhesión, el cual es un proceso en donde una molécula o átomo es adherida a la capa externa o superficie de un sólido como también entre dos fluidos (interfase). Este fenómeno se realiza gracias a las fuerzas cinéticas de atracción entre las superficies de los materiales (American Water Works Association, 2010, p. 105). Las partículas que se encuentran suspendidas lograr adherirse a la superficie del material de relleno, sin embargo, se debe aclarar y considerar que parte de estas partículas pueden llegar a ser arrastradas hacia zonas más profundas del lecho lo cual en algunos casos ocasiona obturaciones (Salager, 1998).

Existen dos tipos de procesos de absorción: Primero la adsorción química la cual es un proceso donde se logran establecer interacciones o enlaces químicos entre las partículas y el material empleado como lecho filtrante, este fenómeno ocurre generalmente cuando se emplean perlas o resinas como material de relleno. Seguidamente esta la adsorción física el cual es un fenómeno donde ocurren uniones electrocinéticas, electrostáticas entre las mismas partículas o entre las partículas y el material filtrante dentro del sistema (Salager, 1998).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**Tipo de investigación:** La presente investigación es *aplicada*, porque utiliza conceptos y conocimientos teóricos existentes en la disciplina con el fin de solucionar problemas prácticos, asimismo estos conocimientos se utilizan de forma

inmediata mas no se busca desarrollar alguna nueva teoría (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, 122).

**Diseño de investigación:** El diseño de la investigación es *experimental*, debido a que controla la variable independiente y se midió el efecto que tuvo en la variable dependiente, e incluso todo esto ocurre bajo el control del sujeto investigador (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 129), es decir que se aplicó como técnica de tratamiento el biofiltro de residuos de pitahaya (variable independiente) para determinar el efecto en la remoción de Cadmio en los efluentes industriales de la industria de pigmentación.

### 3.2. Variables y operacionalización

Las variables son propiedades que puede fluctuar, cambiar, dicha variación es apto de poder ser observada o medida (Hernández Sampieri, Fernández y Baptista, 2014, p. 140). En este sentido esta investigación tiene 2 variables:

- **Variable independiente:** Biofiltro de residuos de pitahaya.
- **Variable dependiente:** Remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmentación.

La operacionalización de las variables se muestra en el anexo 3, se da a conocer las definiciones conceptuales y operacionales de cada variable, las dimensiones, indicadores y escala de medición. Igualmente, en el anexo 4 se adjunta la matriz de consistencia.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

La población está conformada por el grupo que será estudiado, de este grupo se busca obtener resultados (Hernández Sampieri, Fernández y Baptista, 2014, p. 180). Para esta investigación la población se encuentra constituida por los efluentes industriales contaminados con Cadmio de una poza primaria de recolección antes del vertimiento a la red de alcantarillado, esta poza se encuentra ubicada dentro de la industria de pigmentaciones.

La muestra es un subgrupo que se extrae de la población, es aquí de donde surgen los datos y estos se deben reflejar en la población, es por esta razón que las muestras deben ser reflejo de la población; asimismo, existen diversos tipos de muestreo (Hernández Sampieri, Fernández y Baptista, 2014, p. 182). En este sentido la muestra de esta investigación está conformada por 24 litros de efluente industrial para someter el sistema a mayor carga de tratamiento de efluente, lo cual también es suficiente para representar e inferir sobre la población de estudio.

La elección de este tamaño de muestra fue mediante un muestreo de tipo no probabilístico (intencional u opinático), el cual se elige por factores que identifica el investigador como disponibilidad de la muestra, su accesibilidad y análisis de tiempo para llevar a cabo el estudio (Hernández Sampieri, Fernández y Baptista, 2014, p. 184), esto es visto desde el punto metodológico y alcance del investigador. Sin embargo, desde el aspecto experimental se tomó como referencia la investigación de Vizcaino y Fuentes (2015) quienes emplean 400 ml de muestra por tiempo de retención y por cada dosis de material filtrante dentro de una columna fija de adsorción; de esta partida esta investigación conoce el tamaño mínimo para tratamiento y somete a mayor carga de efluente por cada tipo de material filtrante, dosis y tiempo de retención hidráulica.

#### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Las *técnicas de recolección* refieren a formas distintas de recolectar u obtener información, es por ello que en este caso se aplicó la **técnica de observación y medición directa** lo cual es un registro totalmente sistemático, confiable y a la vez válido de todos los comportamientos y algunas conductas que se manifiestan en el desarrollo del estudio. A través de esta técnica los investigadores recogen datos mediante sus propias observaciones para luego medirlas empleando los instrumentos correspondientes. (Hernández Sampieri, Fernández y Baptista, 2014, p. 190).

Para el presente estudio se recolectó los datos de la variable estímulo (biofiltro con residuos de pitahaya) y los resultados se obtuvieron en la variable dependiente; es decir, de las concentraciones de Cadmio pre y post tratamiento.

Por otro lado, *los instrumentos de recolección de datos* son materiales que se emplean para almacenar y recolectar información (Hernández Sampieri, Fernández y Baptista, 2014, p. 193), en este caso se emplearon las **fichas de recolección de datos** para registrar de forma ordenada, separada y precisa la información obtenida de las sus mediciones.

- **Instrumento 1:** Ficha de características del biofiltro con material de relleno (anexo 1).
- **Instrumento 2:** Ficha de concentración de Cadmio pre y post tratamiento (anexo 2).

*Tabla 3: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.*

Etapas		Fuente	Técnica	Instrumentos	Resultados	Método
1	Recolección de la muestra de efluente industrial.	Efluente de industria de pigmentación, Comas.	Observación y medición directa.	<b>Anexo 2</b>	Volumen de muestra de efluente industrial.	Protocolo de monitoreo de Calidad de Agua (Ministerios de Energía y Minas, 1996). Guía para preservación y manejo de muestras (N.T.P.-ISO 5667-3, 2001).
2	Análisis de concentraciones de Cadmio en muestras pre tratamiento.	Laboratorio acreditado	Observación y medición directa.		Determinación de concentraciones de Cadmio iniciales.	EPA 200.7. 1994/2018.
3	Recolección de residuos de pitahaya.	Planta de pitahaya.	Observación y medición directa.	<b>Anexo 1</b>	Obtención de los residuos de pitahaya.	Método de selección de desechos (Aquino, 2012, p. 49).
4	Elaboración de material de relleno para el biofiltro.	Laboratorio	Observación y medición directa.		Obtención de fibras y astillas de pitahaya.	Método de escaldado (Juárez et al., 2004)
5	Implementación y ajuste del sistema hidráulico del biofiltro.	Laboratorio	Observación y medición directa.		Obtención de los volúmenes de efluente, caudal y TRH del sistema.	Método de flujo continuo (Vizcaino y Fuentes, 2015, p.48). Método CEPIS/OPS caudal constante (Guerrero, 2018, p. 2).
6	Aplicación del tratamiento.	Laboratorio	Observación y medición directa.	<b>Anexo 2</b>	Concentraciones finales de Cadmio.	Método de columna fija con flujo ascendente (Vizcaino y Fuentes, 2015, p.48).

Etapas		Fuente	Técnica	Instrumentos	Resultados	Método
7	Procesamiento y análisis de resultados.	Laboratorio	Observación y medición directa.		Cálculo de la eficiencia de remoción de las concentraciones de Cadmio, gráficos y tablas de resultados.	EPA 200.7. 1994/2018. Método de respuesta de porcentaje individual (Villada y Hormaza, 2015, p. 3).

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.5. Procedimientos

#### **Etapa 1: Recolección de la muestra de efluente industrial.**

Para la recolección de la muestra se tomó en cuenta el Protocolo de monitoreo de Calidad de Agua (Ministerios de Energía y Minas, 1996) y la Guía para preservación y manejo de muestras (N.T.P.-ISO 5667-3, 2001) que son empleadas dentro de los procedimientos de muestreo a cargo de un analista de monitoreo perteneciente a un laboratorio acreditado por el Servicio de Acreditación Internacional (IAS), de esta forma se aseguró la calidad de los resultados considerándose lo siguiente:

- Inspección del lugar y del efluente para recolección.
- Frascos para recolección de muestras.
- Preservación de muestras.



*Ilustración 3: Recolección de muestras de pozo.*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Ilustración 4: Preservación de muestra EF-01 (pre tratamiento).*

*Fuente: Elaboración propia.*

## **Etapla 2: Análisis de concentración de Cadmio inicial.**

Se realizó el análisis de Cadmio con el fin de conocer la concentración inicial en el efluente industrial (EF-01) recolectado, este análisis se encuentra a cargo del laboratorio acreditado Analytical Laboratory E.I.R.L. quien emplea el Método de Determinación de metales en agua en base al EPA 200.7. 1994/2018.

El ingreso de la muestra se indica en el Anexo 7 donde se adjunta la cadena de custodia de la muestra EF-01.

## **Etapla 3: Recolección de residuos de pitahaya.**

Se realizó el traslado a la localidad de Pacatqui, Provincia de Corongo, Ancash, y se recolectaron los residuos de pitahaya, el cual crece en zonas de cultivos de dicha zona, estas se encuentran con fácil acceso para el recojo (Ver Ilustración 5).



*Fuente: Google Earth.*

*Ilustración 5: Mapa de ubicación de zona de recolección de residuos de pitahaya.*

Se aplicó el Método de selección de desechos (Aquino, 2012, p. 49), el cual consiste en tomar la materia prima para obtención de fibras que sean de mayor tamaño y no se encuentre en estado de descomposición. En este caso se elegirán extensiones de la planta de pitahaya desechadas que se encuentren entre 20 a 30 cm.



*Ilustración 6: Recolección de residuos de pitahaya.*

*Fuente: Elaboración propia.*

#### **Etapa 4: Elaboración de material de relleno para el biofiltro.**

Para la obtención de la fibra se empleó el Método de escaldado que consiste en presionar (o machacar) los brazuelos o extensiones sobrantes de la pitahaya, posteriormente dejar en reposo con agua fría por el periodo de 1 a 2 semanas. luego proceder al secado por otros 2 días directamente al sol a temperatura propia del ambiente (Juárez et al., 2004). Finalmente, cortar las fibras entre longitudes de 10 a 20 cm para realizar los pesajes de 70 g y 150 g.



*Ilustración 7: Preparado del material de relleno.*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Ilustración 8: Obtención de las fibras de pitahaya.*

*Fuente: Elaboración propia.*

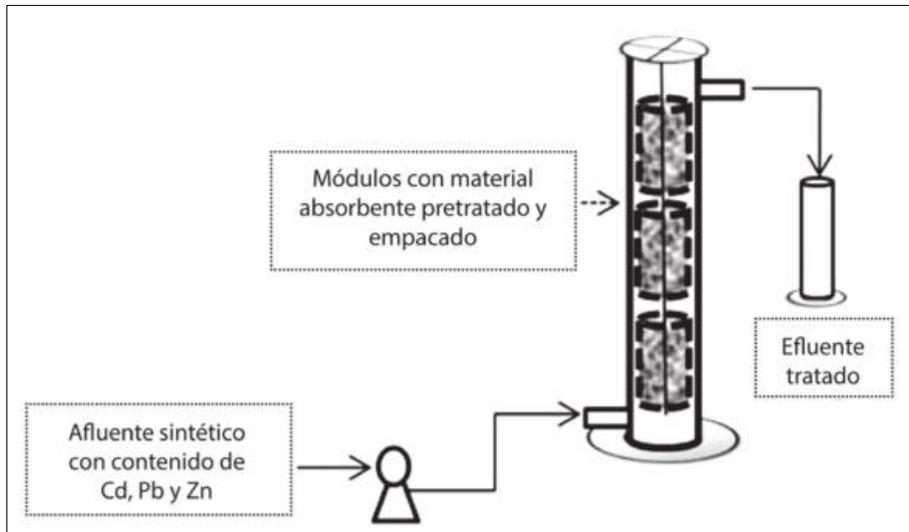
#### **Etapas 5: Implementación y ajuste del sistema hidráulico del biofiltro.**

Se realizó la instalación de 2 equipos biofiltro (Ilustración 6) cada equipo con distinto ajuste hidráulico para tiempos de retención de 1 y 2 horas, el diseño detallado se adjunta en el Anexo 5, dicho diseño fue implementado mediante el Método de flujo continuo (Ilustración 8) que trata de la construcción de lechos filtrantes de empaque con circulación continua de fluido para tratamiento (Vizcaino y Fuentes, 2015, p.48).



*Ilustración 9: Ensamblado del sistema de biofiltro.*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Ilustración 10: Modelo de Vizcaino de flujo continuo ascendente.*

*Fuente: Vizcaino y Fuentes, 2015, p.48.*

Asimismo, para los tiempos de retención hidráulica del sistema, estos cálculos se realizan mediante el método de caudal constante proporcionado por el CEPIS/OPS, el cual considera  $V$  (volumen total para circulación),  $Q$  (caudal) y  $TRH$  (tiempo de retención hidráulica) para los ajustes del sistema (Guerrero, 2018, p. 2), la fórmula se encuentra expresado de la siguiente manera:

$$TRH = \frac{v}{Q}$$

$$\uparrow Q \rightarrow TRH \downarrow$$

**Datos de cálculo:**

$$TRH_1 = 1 \text{ hora}$$

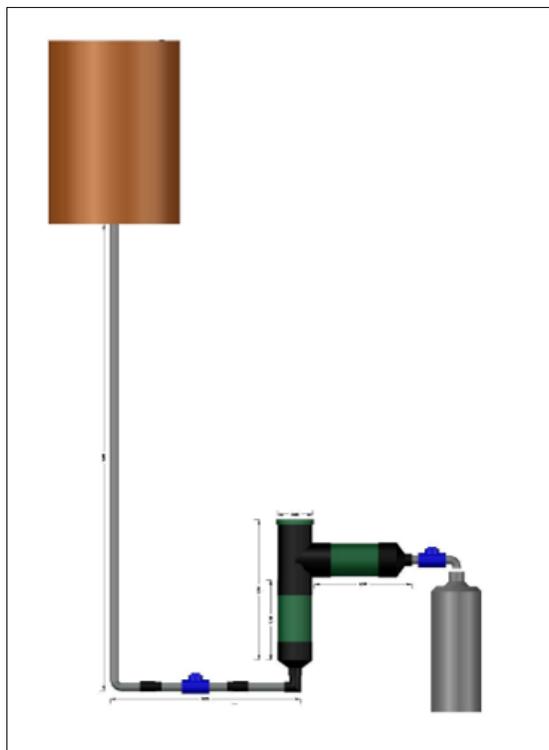
$$V = 1 \text{ L}$$

$$Q = 16,6 \frac{ml}{min}$$

$$TRH_2 = 2 \text{ horas}$$

$$V = 1 \text{ L}$$

$$Q = 18,3 \frac{ml}{min}$$



*Ilustración 11: Diseño de red hidráulica del sistema de biofiltro.*

*Fuente: Elaboración propia.*

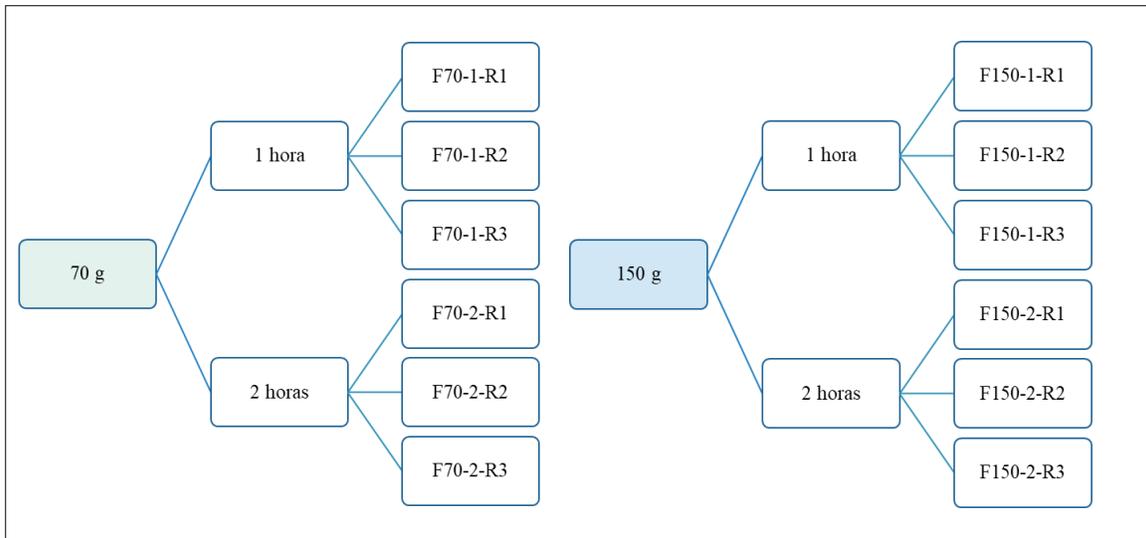


*Ilustración 12: Ajuste manual hidráulico del sistema de biofiltro.*

*Fuente: Elaboración propia.*

## Etapa 6: Aplicación del tratamiento.

Se realizó 2 tratamientos con dosis de 70 g y 150 g, cada una con dos tiempos de retención hidráulica distintas (1 hora y 2 horas), asimismo, se replicó cada tiempo 3 veces para poder calcular un promedio con los resultados. Las dosis de material de relleno se distribuyeron de la siguiente manera:



*Ilustración 13: Recolección de muestras post tratamiento.*

*Fuente: Elaboración propia.*



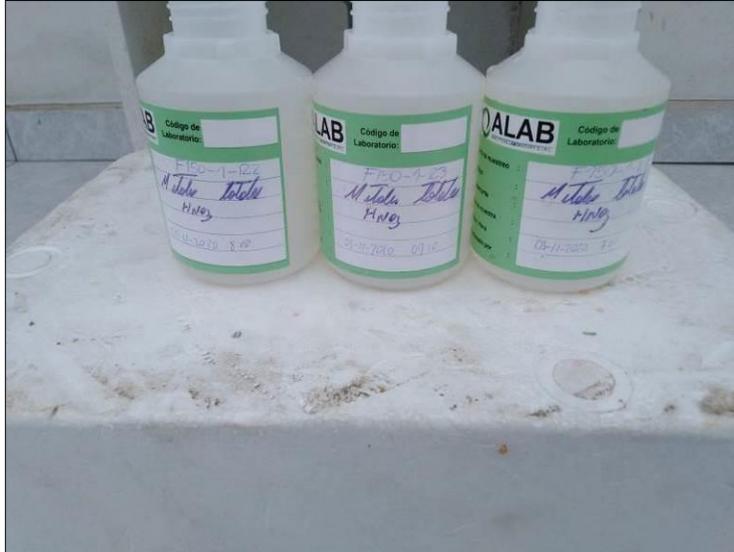
*Ilustración 14: Muestras post tratamiento (F70-1-R1; F70-1-R2 y F70-1-R3).*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Ilustración 15: Muestras post tratamiento (F70-2-R1; F70-2-R2 y F70-2-R3).*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Ilustración 16: Muestras post tratamiento (F150-1-R1; F150-1-R2 y F150-1-R3).*

*Fuente: Elaboración propia.*



*Ilustración 17: Muestras post tratamiento (F150-2-R1; F150-2-R2 y F150-2-R3).*

*Fuente: Elaboración propia.*

### **Fibras de pitahaya**

Luego de dejar pasar el efluente y ser recolectado en el punto de salida del biofiltro se trasladó las unidades muestrales al laboratorio acreditado para conocer el

resultado post tratamiento. Las cadenas de custodia de ingreso de las muestras post tratamiento se adjuntan en el Anexo 8.

### **Etapas 7: Procesamiento y análisis de resultados.**

El uso de las fichas de recolección de datos permitió recolectar la información experimental de forma ordenada, las fichas de recolección de datos obtenidos se adjuntan en el Anexo 9. Asimismo, los informes de ensayo de laboratorio se adjuntan en el Anexo 10.

Finalmente, en esta etapa se elaboran los gráficos e interpretación de resultados.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

Se empleó un análisis descriptivo que se refiere al procesamiento y análisis de los datos que se obtuvieron en la investigación. Este análisis permite dirigirnos a conclusiones comprobadas de los resultados mediante la interpretación de tablas o gráficos. Asimismo, los datos obtenidos en los distintos tratamientos se sometieron a un análisis inferencial con el fin de poder generalizar los resultados en la población de estudio y para probar la hipótesis (Hernández Sampieri, Fernández y Baptista, 2014, p. 271).

Para dichos procesamientos se empleó los siguientes programas.

#### **Microsoft Office Excel**

Este software permitió el ingreso ordenado y tabulación de los datos que fueron recolectados en las diversas etapas y que se encuentran en las fichas de recolección de datos de la experimentación. Así también, permitió realizar gráficos estadísticos para mejor visualización de los datos.

#### **Software SPSS Statistics**

Los datos pasaron la prueba estadística de normalidad tomándose el valor de significancia Shapiro-Wilk el cual define si los datos son normales y poder elegir una prueba paramétrica, en este caso se eligió la prueba estadística T de Student para

muestras relacionadas, de esta manera se podrá conocer definitivamente la existencia de diferencias entre las variables luego de aplicar el tratamiento. Para esta prueba se esperó que el valor de significancia sea menor del 0.05% y poder aceptar la hipótesis de investigación planteada y de esta manera generalizar nuestros resultados de laboratorio en la población de estudio.

### 3.7. Aspectos éticos

Se garantizó en la presente investigación la confiabilidad de los datos obtenidos, así como también el respeto de la propiedad intelectual, utilizando las normas de citación correspondiente ISO 690:2013 para referencias bibliográficas y citaciones de contenido. Asimismo, se tiene en consideración el código de ética y el reglamento de investigación RR089. Cabe mencionar, que se usó el programa Turnitin lo permite la detección y control de plagio.

## IV. RESULTADOS

- **Resultados de los análisis iniciales de los parámetros físico-químicos (pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto) in situ y las concentraciones iniciales de Cadmio (Cd).**

A continuación, se conoce la calidad de los parámetros físico químicos iniciales, es por ello que, en la siguiente tabla se muestran los resultados de las mediciones in situ del efluente industrial pre tratamiento (EF-01). Cabe indicar que los parámetros considerados son: pH, Conductividad Eléctrica y Oxígeno Disuelto.

*Tabla 4: Resultados iniciales del efluente industrial – Pre tratamiento.*

Código		Calidad físico-química inicial			Concentración inicial de Cd
		pH	Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Oxígeno Disuelto (mg/L)	(mg/L)
EF-01	F70-1-R1	6,92	740	6,42	0,3972
	F70-1-R2	6,92	740	6,42	0,3972
	F70-1-R3	6,92	740	6,42	0,3972
	F70-2-R1	6,92	740	6,42	0,3972
	F70-2-R2	6,92	740	6,42	0,3972
	F70-2-R3	6,92	740	6,42	0,3972
	F150-1-R1	6,92	740	6,42	0,3972

Código	Calidad físico-química inicial			Concentración inicial de Cd
	pH	Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{S/cm}$ )	Oxígeno Disuelto ( $\text{mg/L}$ )	( $\text{mg/L}$ )
F150-1-R2	6,92	740	6,42	0,3972
F150-1-R3	6,92	740	6,42	0,3972
F150-2-R1	6,92	740	6,42	0,3972
F150-2-R2	6,92	740	6,42	0,3972
F150-2-R3	6,92	740	6,42	0,3972

Fuente: Elaboración Propia.

○ **Potencial de Hidrógeno - pH**

En el gráfico 2 se muestra que el nivel de pH en la muestra inicial (EF-01) es de 6,92 lo cual indica que se encuentra dentro de los Valores Máximos Admisibles (D.S. N° 010-2019-VIVIENDA) donde establece que los niveles de pH deben encontrarse entre 6 y 9.

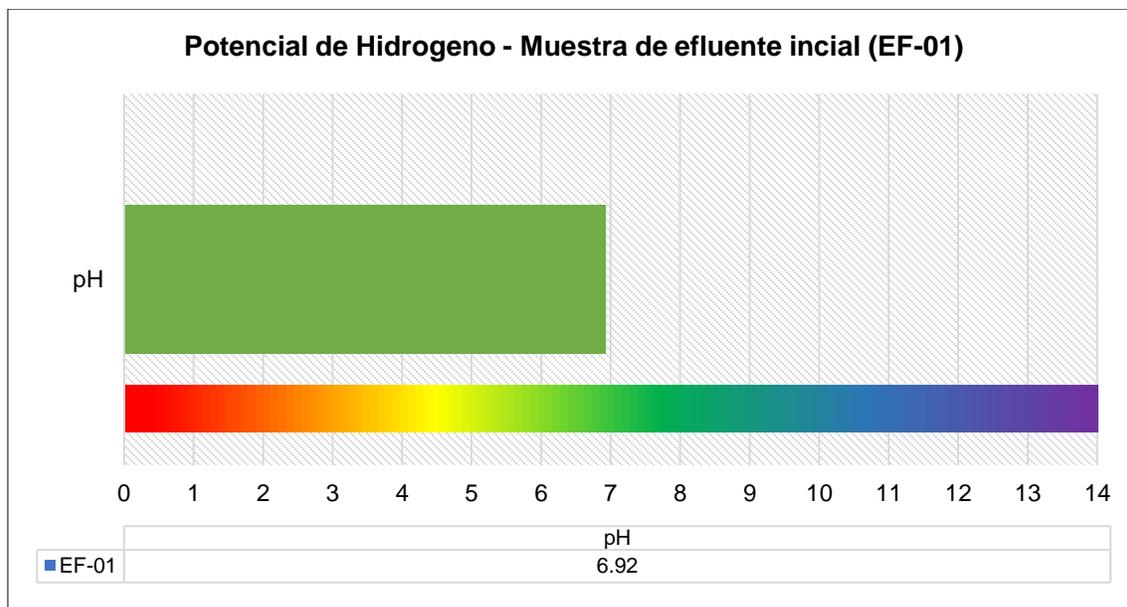


Gráfico 2: Resultado de pH en la muestra inicial (EF-01)

Fuente: Elaboración Propia.

○ **Conductividad Eléctrica**

En el gráfico 3 se muestra que la Conductividad Eléctrica en la muestra inicial (EF-01) es de 740  $\mu\text{S/cm}$ , dicho resultado será comparado con los resultados del post tratamiento.

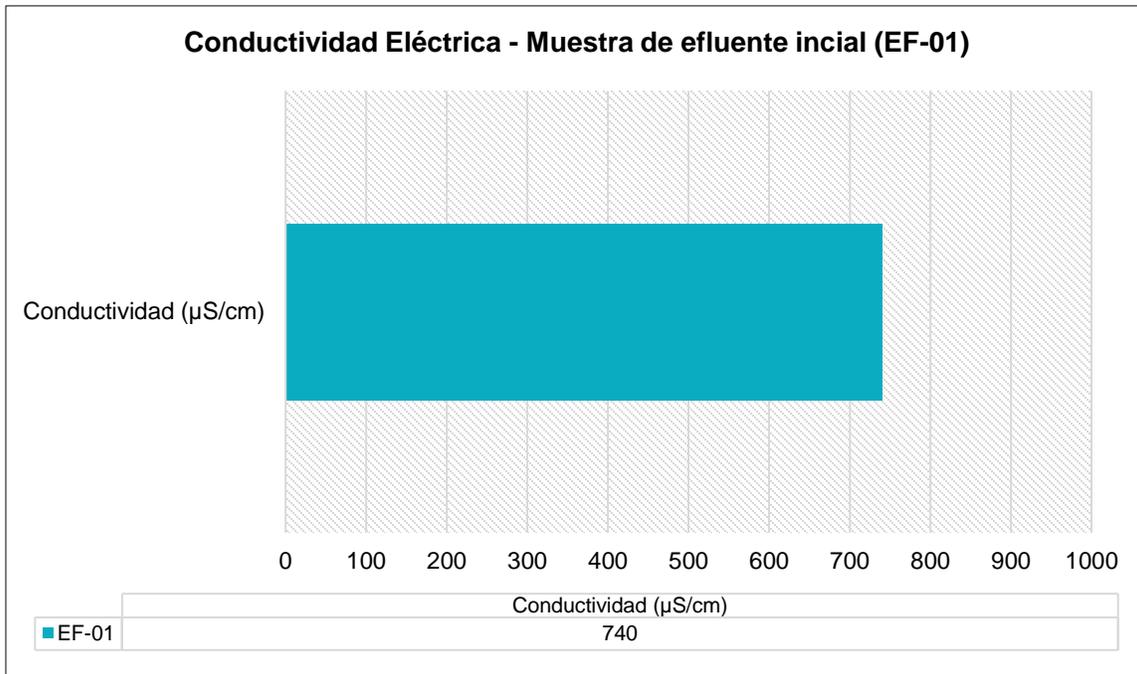


Gráfico 3: Resultado de Conductividad Eléctrica en la muestra inicial (EF-01)

Fuente: Elaboración Propia.

○ **Oxígeno Disuelto**

En el gráfico 4 se muestra que el Oxígeno Disuelto en la muestra inicial (EF-01) es de 6,42 mg/L; dicho resultado será comparado con los resultados del post tratamiento.

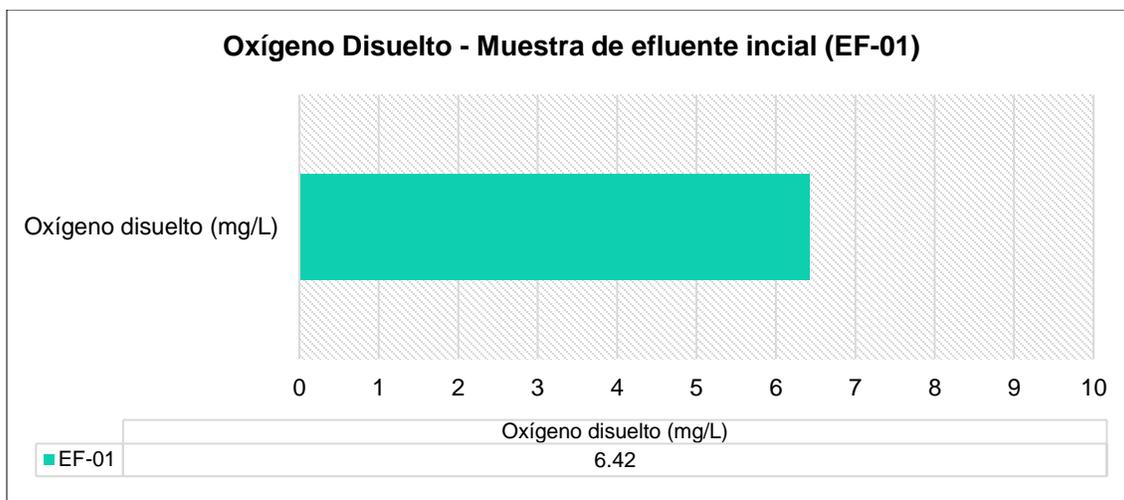


Gráfico 4: Resultado de Oxígeno Disuelto en la muestra inicial (EF-01)

Fuente: Elaboración Propia.

- **Resultados de los análisis finales de los parámetros físico-químicos (pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto) y las concentraciones finales de Cadmio (Cd).**

De acuerdo a los objetivos planteados es conocer la calidad en los parámetros físico químicos luego de la aplicación del tratamiento, es por ello que, en la siguiente tabla se muestran los resultados de las mediciones pre tratamiento con sus repeticiones.

**Resultados de tratamiento con dosis de 70 gramos**

Los resultados que se muestran son con tiempos de retención hidráulica a 1 y 2 horas, asimismo cada uno cuenta con 3 repeticiones luego de haber aplicado el tratamiento.

*Tabla 5: Medición in situ del efluente industrial – pre y post tratamiento*

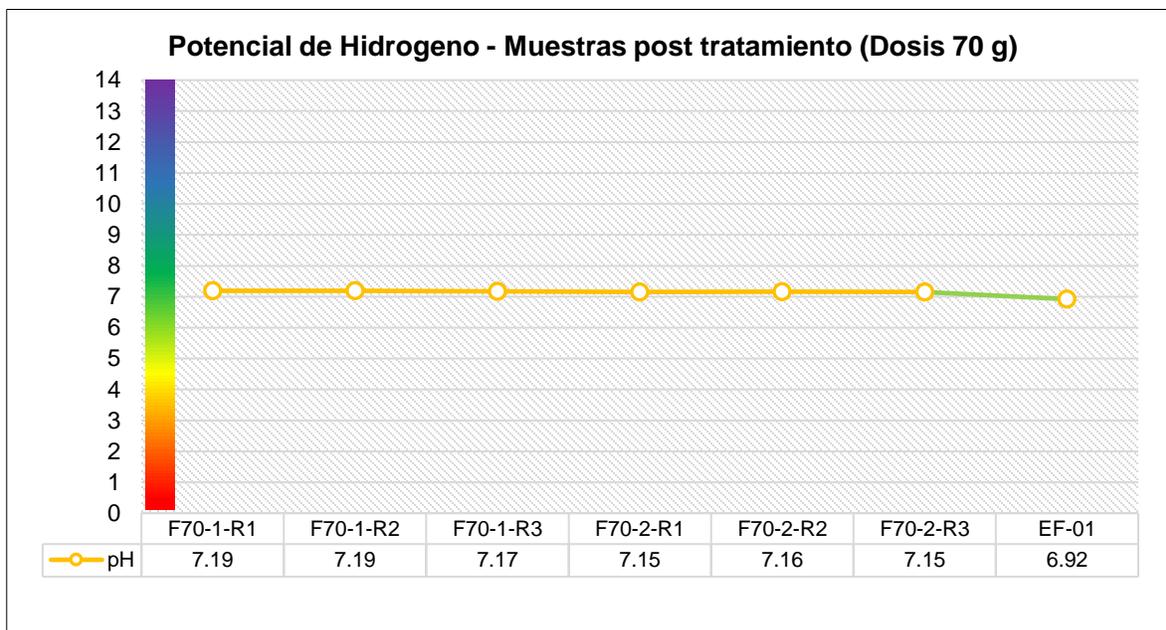
Código	Dosis (g)	Tiempo de Retención Hidráulica (h)	Calidad físico-química final		
			pH	Conductividad Eléctrica (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)
<b>Pre tratamiento</b>					
EF-01	-	-	6,92	740	6,42
<b>Post tratamiento</b>					
F70-1-R1	70	1	7,19	685	7,69
F70-1-R2			7,19	685	7,69
F70-1-R3			7,17	685	7,69
F70-2-R1		2	7,15	670	7,51
F70-2-R2			7,16	670	7,51
F70-2-R3			7,15	670	7,51

*Fuente: Elaboración Propia.*

**Análisis de resultados de Potencial de Hidrógeno – pH**

Del gráfico 5 mostrado se puede explicar que, al aplicar el biofiltro con residuos de pitahaya en dosis de 70 gramos, no mejora los niveles de pH significativamente. Asimismo, estos valores se encuentran dentro de los Valores Máximos Admisibles aprobado por el D.S. N° 010-2019-VIVIENDA (6-9 pH). De igual forma, el tiempo de retención aplicado de 1 y 2 horas, no influyen significativamente en modificar los valores de pH.

Finalmente, la dosis y los tiempos de retención hidráulica no influyen significativamente sobre este parámetro en las muestras a las cuales se aplicó el tratamiento.



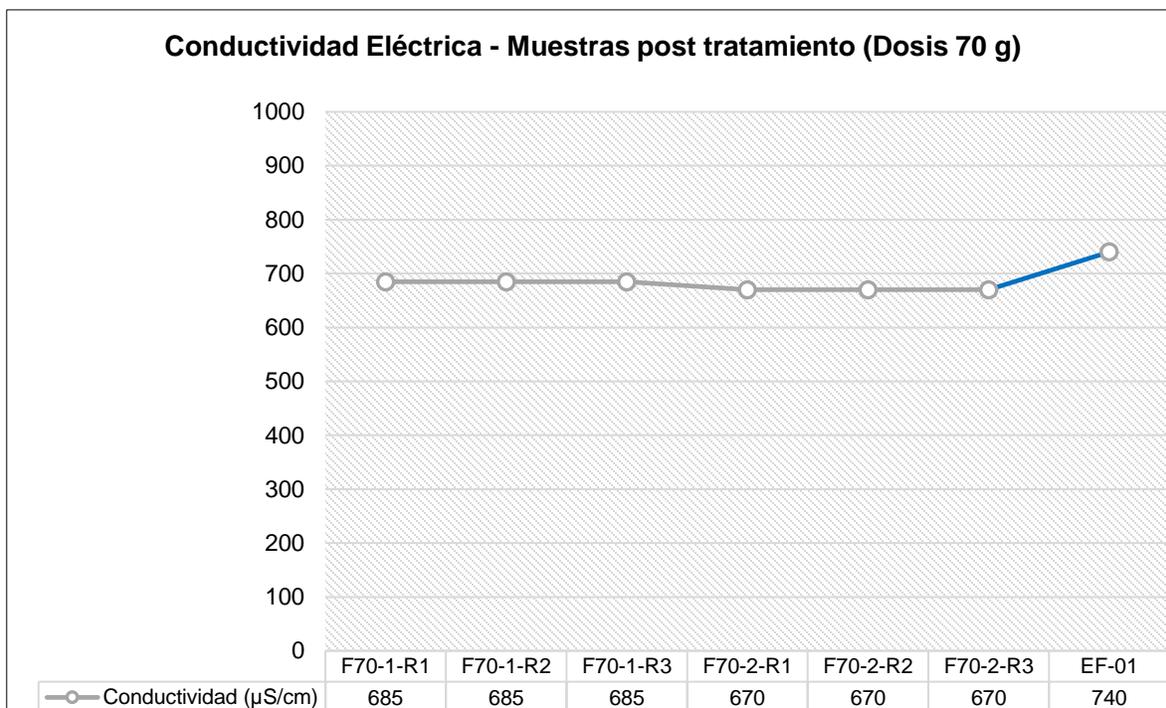
*Gráfico 5: Resultados de pH - post tratamiento con dosis de 70 g.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

### Análisis de resultados de Conductividad Eléctrica

En el gráfico 6 los niveles de conductividad que fueron registrados muestran concentraciones de sales disueltas aceptables luego de aplicar el tratamiento con 70 gramos con 1 y 2 horas como tiempo de retención hidráulica. La aplicación del tratamiento mejoró de forma minúscula los valores de conductividad, pero no de forma significativa.

Finalmente, se puede inferir que la aplicación de biofiltro con tiempos de retención hidráulica de 1 y 2 horas, así como la dosis de residuos de pitahaya de 70 g no influyen en un cambio significativo sobre el parámetro de la conductividad eléctrica.



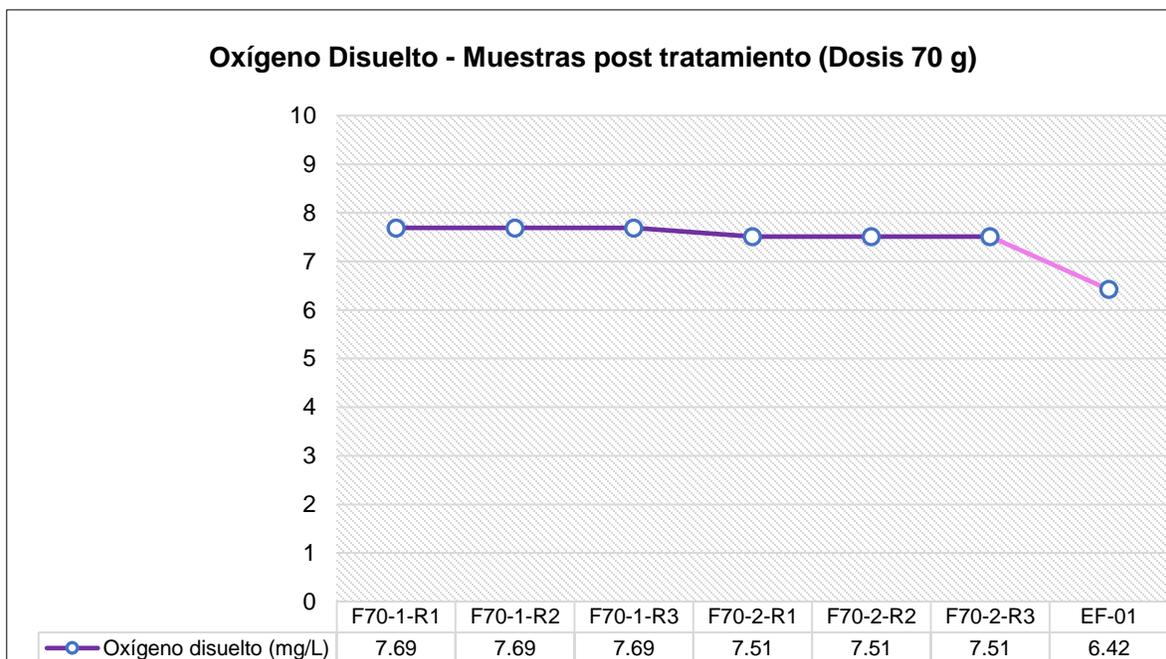
*Gráfico 6: Resultados de Conductividad Eléctrica - post tratamiento con dosis de 70 g.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

*Análisis de resultados de Oxígeno Disuelto*

En el gráfico 7 los valores obtenidos expresan que las concentraciones mínimas de Oxígeno Disuelto son aceptables, incluso se puede observar una ligera mejora de este parámetro, sin embargo, este cambio no es significativo luego de haber aplicado el tratamiento con 70 gramos de residuos de pitahaya y tiempos de retención hidráulica de 1 y 2 horas.

Finalmente, la aplicación del biofiltro con residuos de pitahaya y los tiempos expresados anteriormente no influyen significativamente en la variación de Oxígeno Disuelto.



*Gráfico 7: Resultados de Oxígeno Disuelto - post tratamiento con dosis de 70 g.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

#### Análisis de resultados de las concentraciones finales de Cadmio - Cd

Los resultados obtenidos en la experimentación muestran que con dosis de 70 g de fibras de pitahaya como material filtrante del biofiltro logra remover el contaminante Cadmio.

En F70-1-R1; F70-1-R2 y F70-1-R3 se logró remover el Cadmio desde una concentración inicial de 0,3972 mg/L hasta una concentración final de 0,2431 mg/L con un tiempo de retención hidráulica de 1 h. Por otro lado, se observa una mejora de remoción al aumentar el tiempo retención hidráulica a 2 horas y la misma dosis de 70 g de fibras de pitahaya como material de relleno dentro del biofiltro, como se observa en las repeticiones F70-2-1; F70-2-R2 y F70-2-R3 se logró remover el Cadmio desde una concentración inicial de 0,3972 mg/L hasta una concentración final de 0,1842 mg/L (Ver tabla 6 y gráfico 8).

Finalmente, de los resultados se observa que con tiempo de retención hidráulica de 1 hora se remueve 0,1541 mgCd/L y con el aumento de tiempo a 2 horas se logra remover 0,2130 mgCd/L (Ver tabla 6 y gráfico 9). Cabe mencionar que con dosis de 70 g se obtuvo una altura del material filtrante de 13 cm dentro del empaque.

Tabla 6: Concentraciones de Cd pre y post tratamiento – Dosis 70 g.

Código	Dosis (g)	Tiempo de Retención Hidráulica (h)	Calidad físico-química final			
			Concentración inicial de Cd (mg/L)	Concentración final de Cd (mg/L)	Concentración final promedio (mg/L)	Concentraciones removidas (mg/L)
F70-1-R1	70	1	0,3972	0,2413	<b>0,2431</b>	0,1559
F70-1-R2			0,3972	0,2456		0,1516
F70-1-R3			0,3972	0,2425		0,1547
F70-2-R1		2	0,3972	0,1853	<b>0,1842</b>	0,2119
F70-2-R2			0,3972	0,1847		0,2125
F70-2-R3			0,3972	0,1827		0,2145

Fuente: Elaboración Propia.

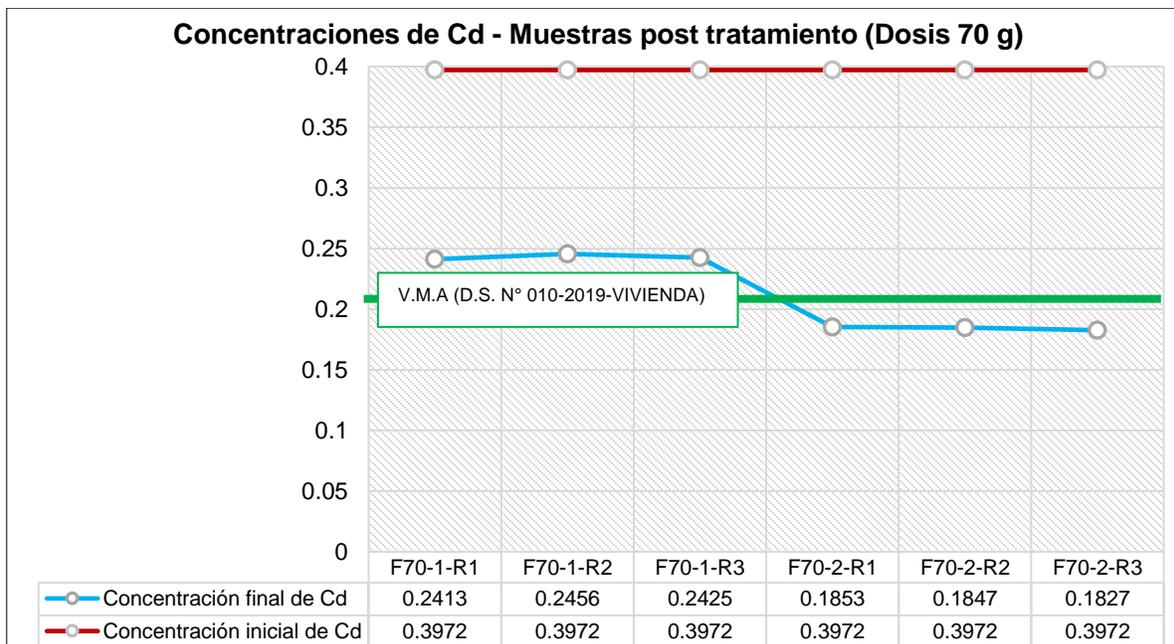


Gráfico 8: Concentraciones de Cadmio - post tratamiento con dosis de 70 g.

Fuente: Elaboración Propia.

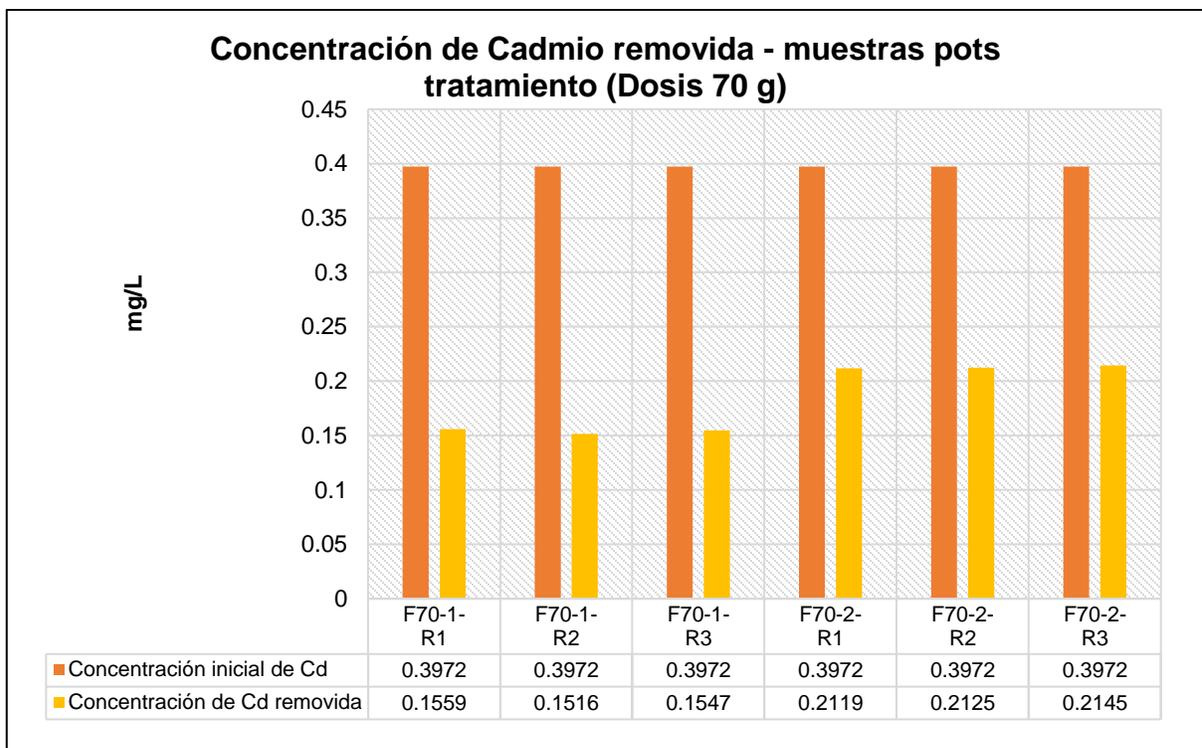


Gráfico 9: Concentración de Cd removidas - post tratamiento con dosis de 70 g.

Fuente: Elaboración Propia.

### **Resultados de tratamiento con dosis de 150 gramos**

Los resultados que se muestran son con tiempos de retención hidráulica a 1 y 2 horas, asimismo cada uno cuenta con 3 repeticiones luego de haber aplicado el tratamiento.

Tabla 7: Medición in situ del efluente industrial – pre y post tratamiento

Código	Dosis (g)	Tiempo de Retención Hidráulica (h)	Calidad físico-química final		
			pH	Conductividad Eléctrica (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)
<b>Pre tratamiento</b>					
EF-01	-	-	6,92	740	6,42
<b>Post tratamiento</b>					
F150-1-R1	150	1	7.17	683	7.38
F150-1-R2			7.18	683	7.38
F150-1-R3			7.17	683	7.38
F150-2-R1		2	7.16	669	7.48
F150-2-R2			7.18	669	7.48
F150-2-R3			7.16	669	7.48

Fuente: Elaboración Propia.

### Análisis de resultados de Potencial de Hidrógeno – pH

Del gráfico 10 se explica que al aplicar el biofiltro con residuos de pitahaya en dosis de 150 gramos no mejora los niveles de pH significativamente, asimismo, estos valores siguen encontrándose dentro de los Valores Máximos Admisibles aprobado por el D.S. N° 010-2019-VIVIENDA (6-9 pH). De igual forma, el tiempo de retención aplicado de 1 y 2 horas no influyen significativamente en modificar los valores de pH.

Finalmente, la dosis y los tiempos de retención hidráulica no influyen significativamente sobre este parámetro en las muestras a las cuales se aplicó el tratamiento.

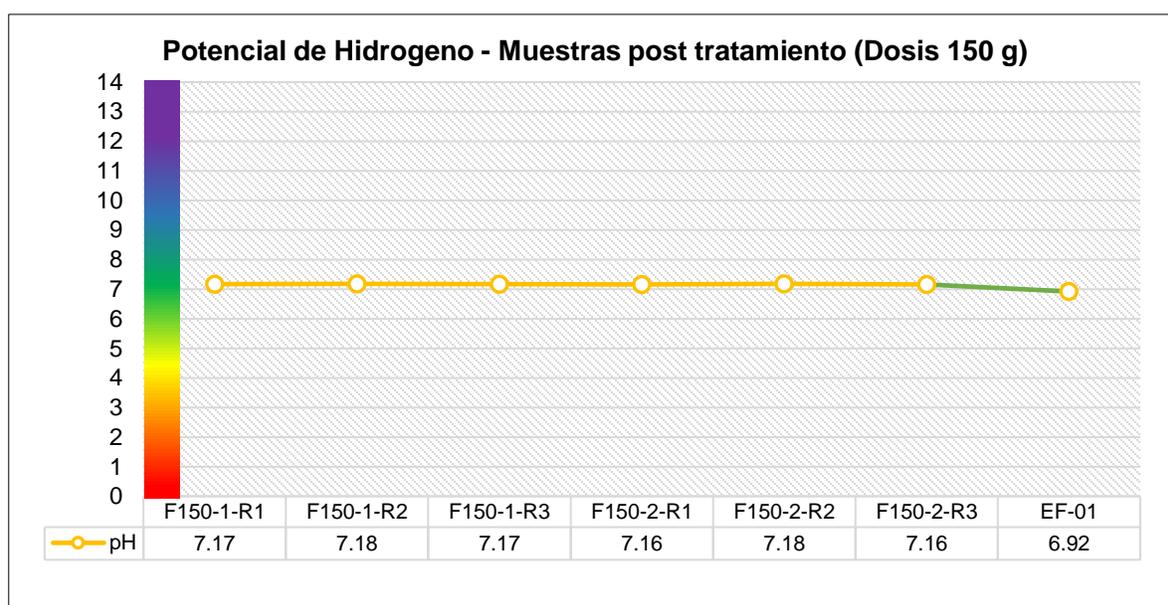


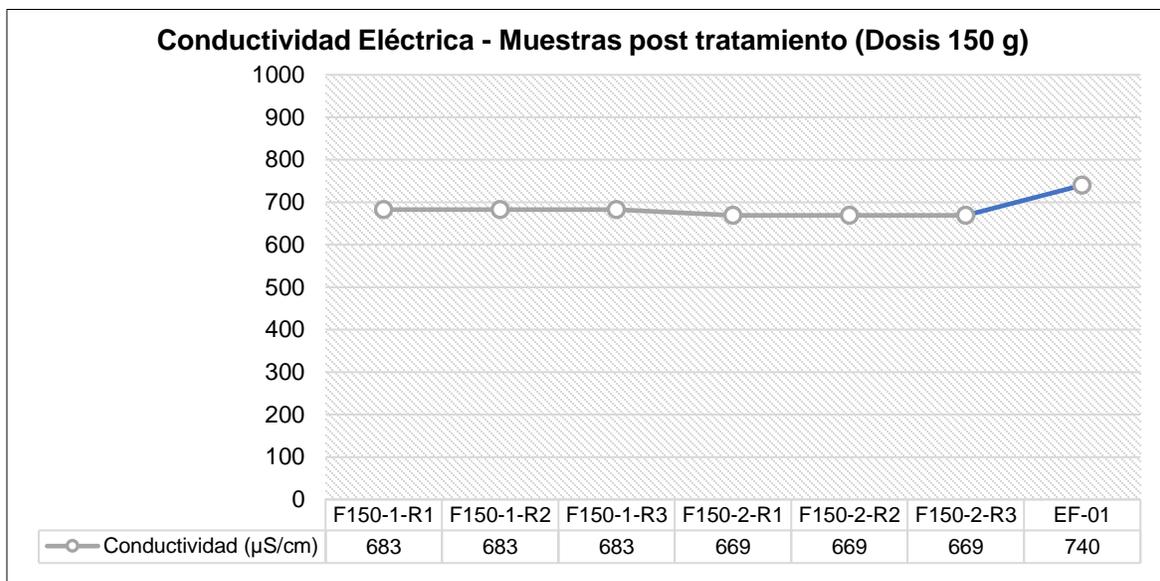
Gráfico 10: Resultados de pH - post tratamiento con dosis de 150 g.

Fuente: Elaboración Propia.

### Análisis de resultados de Conductividad Eléctrica

En el gráfico 11 los niveles de conductividad registrados muestran concentraciones de sales disueltas aceptables luego de aplicar el tratamiento con dosis de 150 g y tiempo de retención hidráulica de 1 y 2 horas. La aplicación del tratamiento mejoró de forma poco significativa.

Finalmente, se puede inferir que la aplicación de biofiltro con tiempos retención hidráulica de 1 y 2 horas, así como la dosis de residuos de pitahaya de 150 g no influyen en un cambio significativo sobre el parámetro de la conductividad eléctrica.



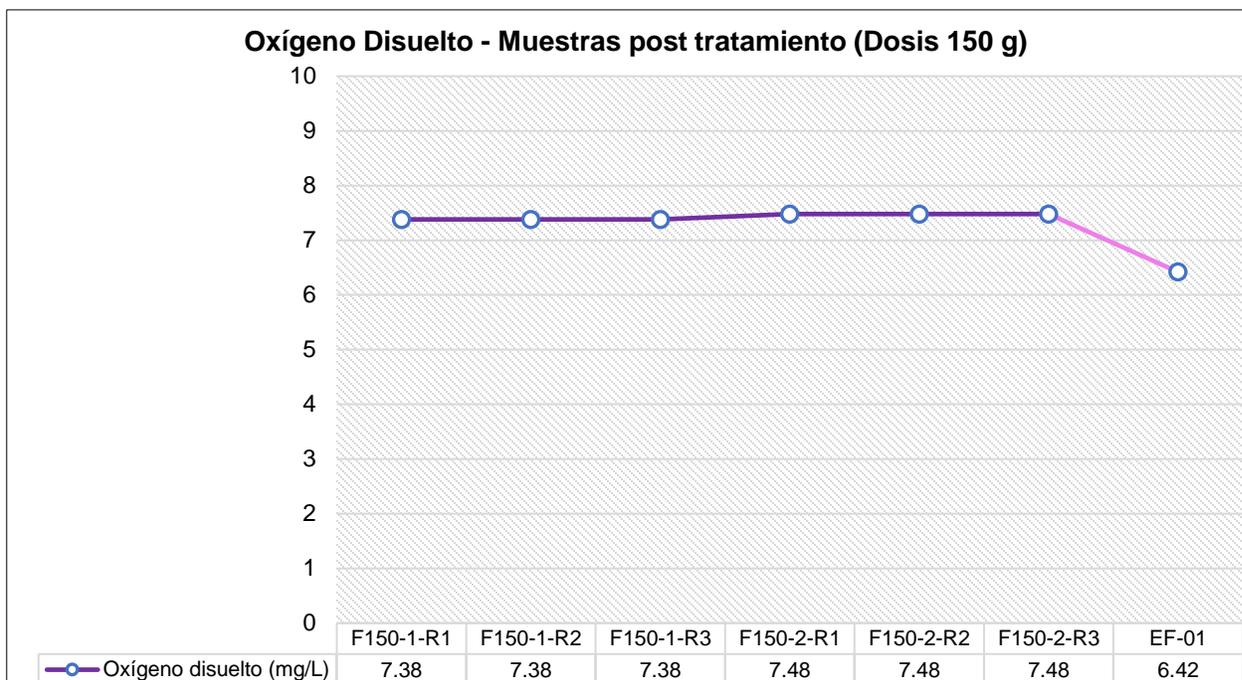
*Gráfico 11: Resultados de Conductividad Eléctrica - post tratamiento con dosis de 150 g.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

*Análisis de resultados de Oxígeno Disuelto*

En el gráfico 12 los resultados muestran que las concentraciones mínimas de Oxígeno Disuelto son aceptables, incluso se puede observar una ligera variación de este parámetro, sin embargo, este cambio no es significativo luego de haber aplicado el tratamiento con dosis de 150 g de material de relleno (fibras de pitahaya) y tiempos de retención hidráulica de 1 y 2 horas.

Finalmente, la aplicación del biofiltro con residuos de pitahaya (fibras) y los tiempos expresados anteriormente no influyen significativamente en la variación de Oxígeno Disuelto.



*Gráfico 12: Resultados de Oxígeno Disuelto - post tratamiento con dosis de 150 g.*

*Fuente: Elaboración Propia*

#### Análisis de resultados de las concentraciones finales de Cadmio - Cd

Los resultados obtenidos en la experimentación muestran que con dosis de 150 g de fibras de pitahaya como material filtrante del biofiltro logra remover de forma significativa el contaminante Cadmio.

En F150-1-R1; F150-1-R2 y F150-1-R3, se logró remover el Cadmio desde una concentración inicial de 0,3972 mg/L hasta una concentración final de 0,1456 mg/L con un tiempo de retención hidráulica de 1 h. Por otro lado, se observa una mejora significativa de remoción al aumentar el tiempo retención hidráulica a 2 horas y la misma dosis de 150 g de fibras de pitahaya como material de relleno dentro del biofiltro, como se ve en las repeticiones F150-2-R1; F150-2-R2 y F150-2-R3 se logró remover el Cadmio desde una concentración inicial de 0,3972 mg/L hasta una concentración final de 0,0532 mg/L (Ver tabla 8 y gráfico 13).

Finalmente, de los resultados se observa que con tiempo de retención hidráulica de 1 hora se remueve 0,1541 mgCd/L y con el aumento de tiempo a 2 horas se logra remover 0,2130 mgCd/L en promedio (Ver tabla 6 y gráfico 14). Cabe mencionar

que con dosis de 150 g se obtuvo una altura del material filtrante de 16 cm dentro del empaque.

Tabla 8: Concentraciones de Cd pre y post tratamiento – Dosis 70 g.

Código	Dosis (g)	Tiempo de Retención Hidráulica (h)	Calidad físico-química final			
			Concentración inicial de Cd (mg/L)	Concentración final de Cd (mg/L)	Concentración final promedio (mg/L)	Concentraciones removidas (mg/L)
F150-1-R1	70	1	0,3972	0,1456	<b>0,1456</b>	0,2516
F150-1-R2			0,3972	0,1441		0,2531
F150-1-R3			0,3972	0,1472		0,2500
F150-2-R1		2	0,3972	0,0536	<b>0,0532</b>	0,3436
F150-2-R2			0,3972	0,0512		0,3460
F150-2-R3			0,3972	0,0549		0,3423

Fuente: Elaboración Propia.

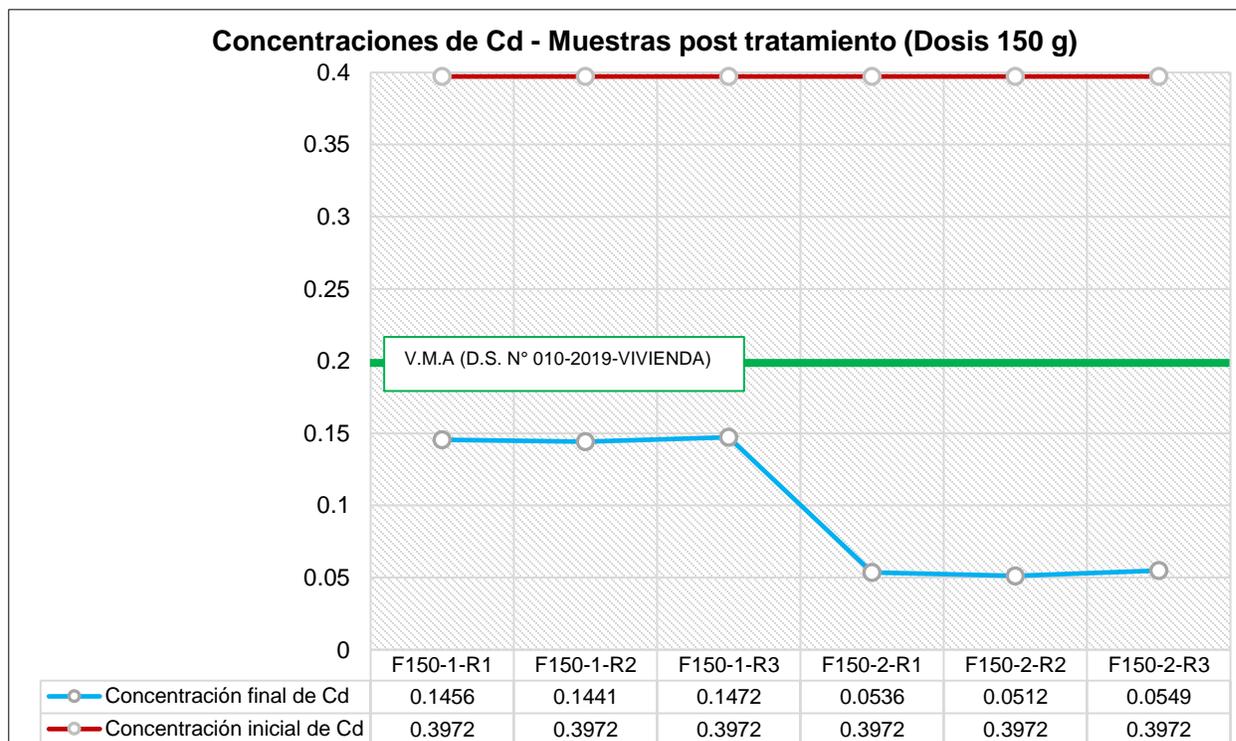


Gráfico 13: Concentraciones de Cadmio - post tratamiento con dosis de 150 g.

Fuente: Elaboración Propia.

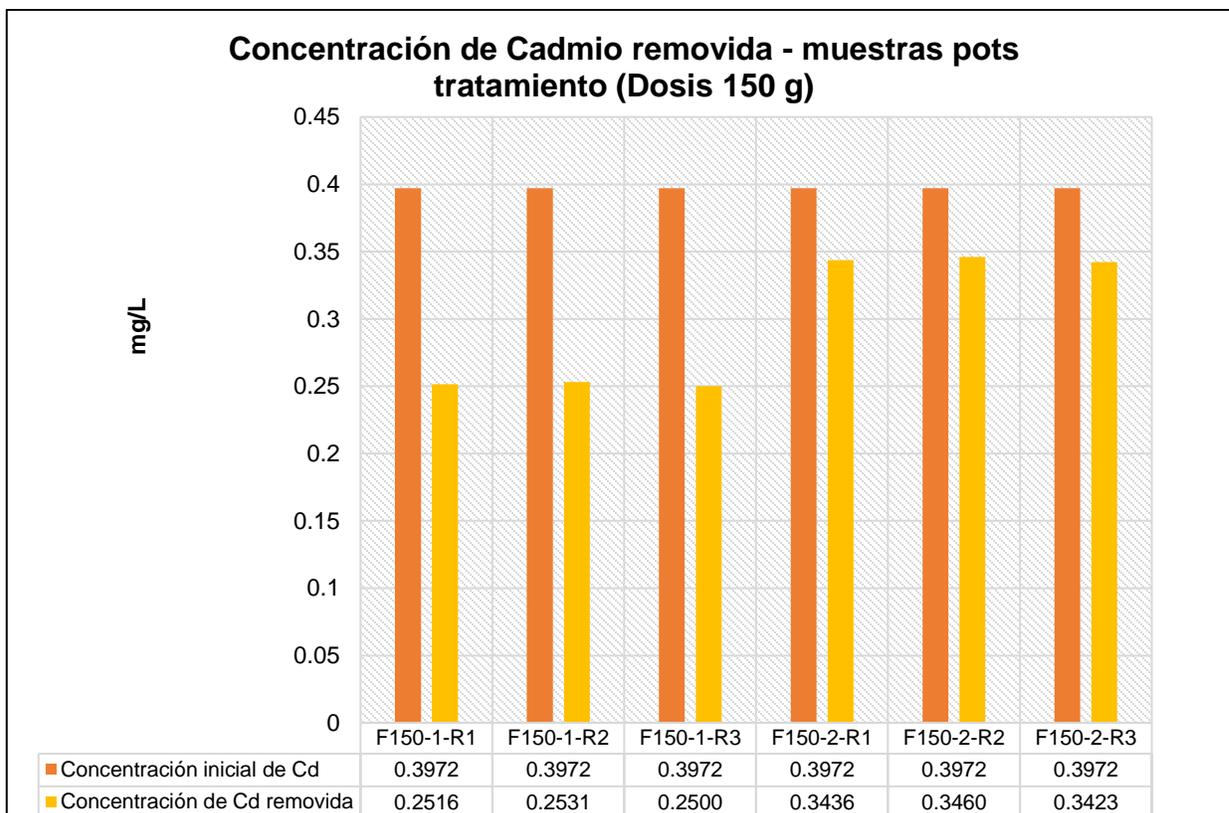


Gráfico 14: Concentración de Cd removidas - post tratamiento con dosis de 150 g.

Fuente: Elaboración Propia.

- **Eficiencia del biofiltro con residuos de pitahaya para la remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones.**

La realización de la experimentación y revisión de los resultados determinados por análisis de laboratorio muestran que la aplicación del tratamiento remueve el Cadmio, a continuación, se muestran los resultados de los cálculos aritméticos para la obtención de la eficiencia de los tratamientos aplicado (Ver tabla 9 y gráfico 16).

Tabla 9: Eficiencia del biofiltro en la remoción de Cd.

Código	Concentración inicial de Cd	Concentración final de Cd	Eficiencia
	mg/L	mg/L	%
F70-1-R1	0,3972	0,2413	39,2
F70-1-R2	0,3972	0,2456	38,2
F70-1-R3	0,3972	0,2425	38,9

Código	Concentración inicial de Cd	Concentración final de Cd	Eficiencia
	mg/L	mg/L	%
F70-2-R1	0,3972	0,1853	53,3
F70-2-R2	0,3972	0,1847	53,5
F70-2-R3	0,3972	0,1827	54,0
F150-1-R1	0,3972	0,1456	63,3
F150-1-R2	0,3972	0,1441	63,7
F150-1-R3	0,3972	0,1472	62,9
F150-2-R1	0,3972	0,0536	86,5
F150-2-R2	0,3972	0,0512	87,1
F150-2-R3	0,3972	0,0549	86,2

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en el gráfico 15 la aplicación del biofiltro logra remover el Cadmio en todos los tratamientos. Sin embargo, el tratamiento con dosis de 70 g de material de relleno y tiempo de retención hidráulica de 1 hora no logró disminuir las concentraciones de Cadmio hasta que se encuentren por debajo del Valor Máximo Admisible (0,2 mg/L) aprobado por D.S. N° 010-2019-VIVIENDA

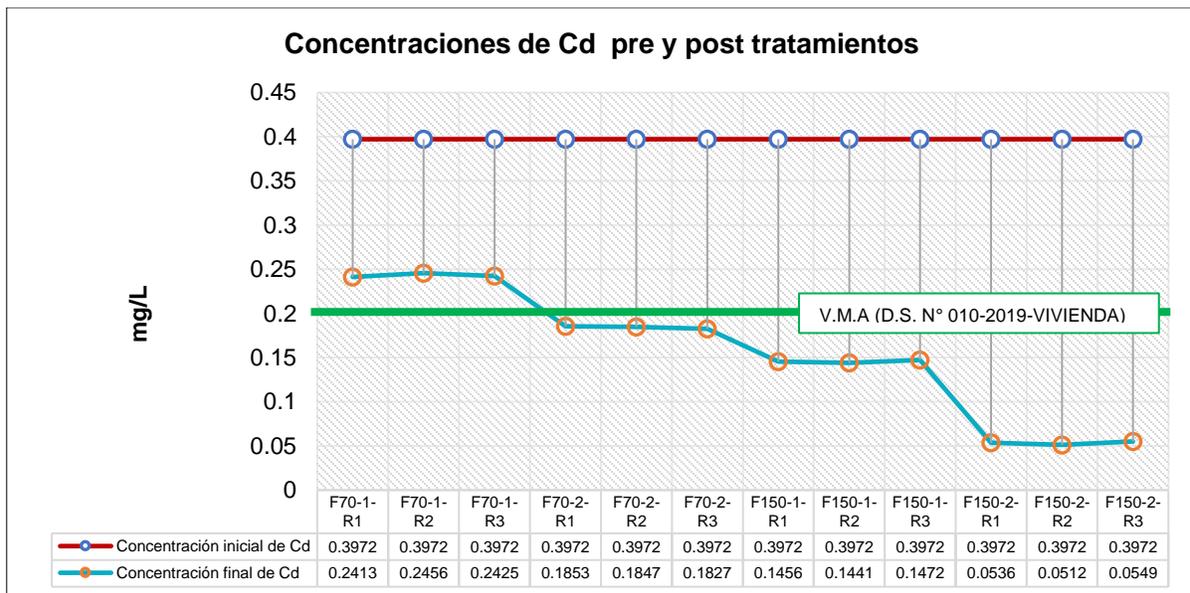


Gráfico 15: Concentración de Cd pre - post tratamiento con dosis de 70 y 150 g.

Fuente: Elaboración Propia.

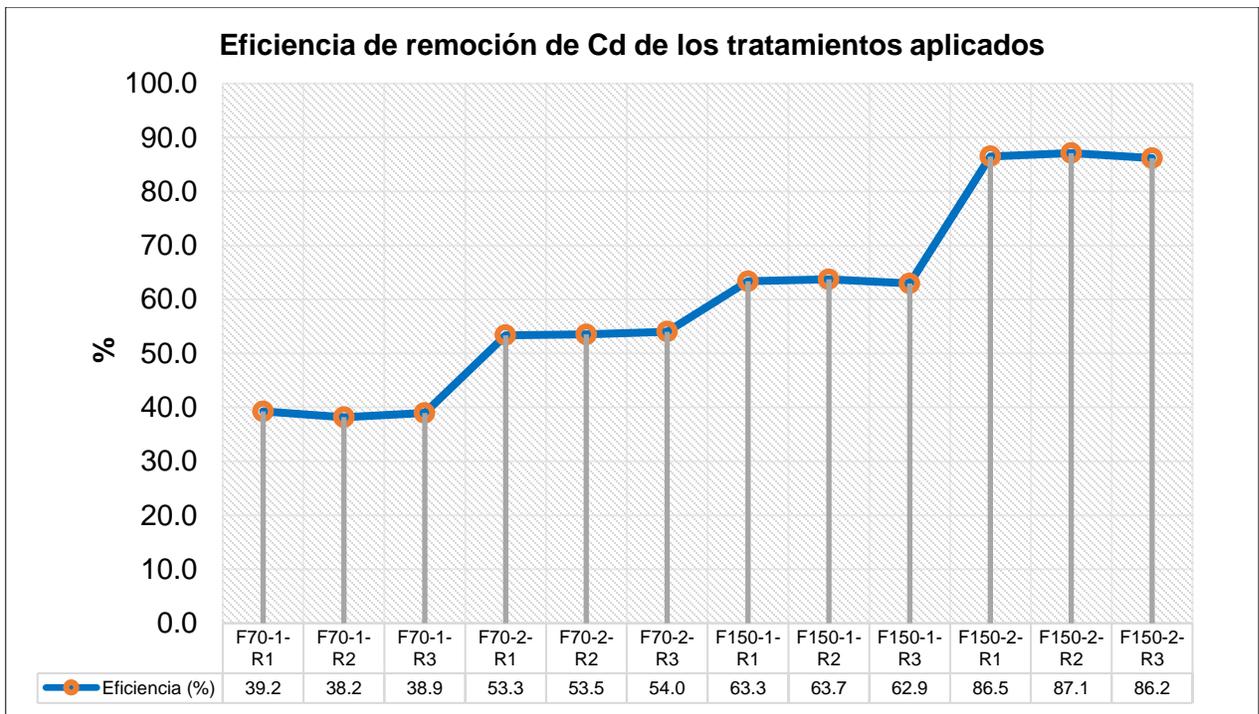
Asimismo, se puede observar que el tratamiento con mejor eficiencia para la remoción de Cadmio es el tratamiento con dosis de 150 g de material de relleno dentro del biofiltro y tiempo de retención hidráulica de 2 horas (F150-2-R1;

F150-2-R2 y F150-2-R3) con 86,6% de eficiencia de remoción, además con una altura del material filtrante de 16 cm dentro del empaque.

Seguidamente se encuentra una eficiencia de remoción de 63,3% para las repeticiones F150-1-R1; F150-1-R2 y F150-1-R3 que contaban con dosis de material de relleno de 150 g y tiempo de retención hidráulica de 1 hora.

Por otro lado, se muestran que las repeticiones F70-2-R1; F70-2-R2 y F70-2-R3 lograron una eficiencia de remoción de Cd de 53,6%, estos contaron con dosis de 70 g y tiempo de retención hidráulica de 2 horas.

Finalmente, las repeticiones F70-1-R1; F70-1-R2 y F70-1-R3 tuvieron la eficiencia de remoción de Cadmio más baja con 38,8%, estos tuvieron dosis de 70 g y tiempo de retención hidráulica de 1 hora.



*Gráfico 16: Eficiencia de los tratamientos con dosis de 70 y 150 g y TRH de 1 y 2 horas.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

## **Método Estadístico**

### **Prueba de Normalidad de Shapiro - Wilk**

Para determinar que el tratamiento de biofiltro con residuos de pitahaya es eficiente para la remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmento, el cual se procede a realizar la prueba de normalidad de los datos muestrales.

Por consiguiente, permite conocer qué tipo de prueba paramétrica o no paramétrica se aplicará en la estadística inferencial, la prueba de normalidad permite observar si existe distribución normal de los datos. Cabe mencionar que se realizó el tratamiento de los datos con el valor de Shapiro – Wilk puesto que esta prueba se aplica cuando los elementos muestrales son menores a 50, en este caso se tienen 12 elementos.

*Tabla 10: Datos muestrales para prueba de normalidad Shapiro-Wilk*

<b>Código</b>	<b>Concentración final de Cd</b>
<b>F70-1-R1</b>	0,2413
<b>F70-1-R2</b>	0,2456
<b>F70-1-R3</b>	0,2425
<b>F70-2-R1</b>	0,1853
<b>F70-2-R2</b>	0,1847
<b>F70-2-R3</b>	0,1827
<b>F150-1-R1</b>	0,1456
<b>F150-1-R2</b>	0,1441
<b>F150-1-R3</b>	0,1472
<b>F150-2-R1</b>	0,0536
<b>F150-2-R2</b>	0,0512
<b>F150-2-R3</b>	0,0549

*Fuente: Elaboración Propia.*

### **Resultados de Prueba de Normalidad – Shapiro Wilk:**

El planteamiento de las hipótesis estadísticas para la prueba de normalidad es la siguiente:

- Hipótesis Nula ( $H_0$ ): Los datos son normales.
- Hipótesis Alternativa ( $H_a$ ): Los datos no son normales.

Tabla 11: Resumen de procesamiento de casos

ESTADÍSTICA	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Cf_Cd F70_1 (R1; R2 y R3)	3	25,0%	9	75,0%	12	100,0%
Cf_Cd F70_2 (R1; R2 y R3)	3	25,0%	9	75,0%	12	100,0%
Cf_Cd F150_1 (R1; R2 y R3)	3	25,0%	9	75,0%	12	100,0%
Cf_Cd F150_2 (R1; R2 y R3)	3	25,0%	9	75,0%	12	100,0%

Fuente: Elaboración Propia, software SPSS.

Tabla 12: Prueba de normalidad – Shapiro Wilk

ESTADÍSTICA	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cf_Cd F70_1 (R1; R2 y R3)	,279	3	.	,939	3	,523
Cf_Cd F70_2 (R1; R2 y R3)	,301	3	.	,912	3	,424
Cf_Cd F150_1 (R1; R2 y R3)	,177	3	.	1,000	3	,964
Cf_Cd F150_2 (R1; R2 y R3)	,244	3	.	,971	3	,675

Fuente: Elaboración Propia, software SPSS.

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

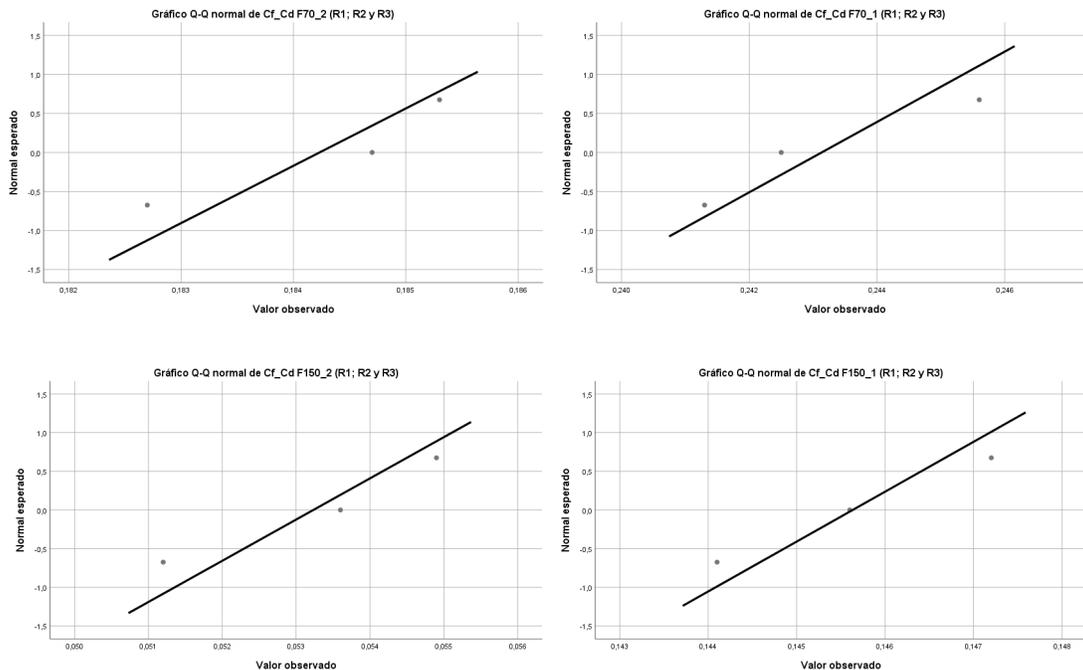


Gráfico 17: Gráfico Q-Q de normalidad de las concentraciones finales de Cd-

Fuente: Elaboración Propia, software SPSS.

De los resultados de la prueba se interpreta que los datos muestrales que se presentan en el gráfico Q-Q Plot que corresponden a las concentraciones finales de Cd de las repeticiones con 70 g y 150 g, ambas con tiempos de retención hidráulica de 1 y 2 horas se acercan a recta teórica de distribución normal, esto se define ya que el valor P es mayor al nivel de significancia  $\alpha = 0,05$ ; por consiguiente, se acepta la hipótesis nula que indica que *los datos son normales*.

### Prueba de Estadística Paramétrica – T Student para muestras relacionadas

Con el presente planteamiento se permite comparar la existencia de diferencias entre las variables estudiadas. Por lo cual, para dicho procesamiento se tienen los siguientes datos:

**Hipótesis nula ( $H_0$ )** → P Valor  $\leq \infty$ : Se rechaza la  $H_0$ .

El biofiltro con residuos de pitahaya no es eficiente para la remoción de Cadmio (Cd) en efluentes de industria de pinturas, Comas, 2020.

**Hipótesis alterna ( $H_a$ )** → P Valor  $> \infty$ : No se rechaza la  $H_0$ .

El biofiltro con residuos de pitahaya es eficiente para la remoción de Cadmio (Cd) en efluentes de industria de pinturas, Comas, 2020.

*Tabla 13: Estadística de muestras relacionadas pre y post tratamiento*

ESTADÍSTICA		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par 1	Ci_Cd F70_1 (R1; R2 y R3)	,397200	3	,0000000	,0000000
	Cf_Cd F70_1 (R1; R2 y R3)	,243133	3	,0022189	,0012811
Par 2	Ci_Cd F70_2 (R1; R2 y R3)	,397200	3	,0000000	,0000000
	Cf_Cd F70_2 (R1; R2 y R3)	,184233	3	,0013614	,0007860
Par 3	Ci_Cd F150_1 (R1; R2 y R3)	,397200	3	,0000000	,0000000
	Cf_Cd F150_1 (R1; R2 y R3)	,145633	3	,0015503	,0008950
Par 4	Ci_Cd F150_2 (R1; R2 y R3)	,397200	3	,0000000	,0000000
	Cf_Cd F150_2 (R1; R2 y R3)	,053233	3	,0018771	,0010837

*Fuente: Elaboración Propia, software SPSS.*

Tabla 14: Muestras relacionadas entre pre y post tratamientos

ESTADÍSTICA		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Ci_Cd F70_1 (R1; R2 y R3) - Cf_Cd F70_1 (R1; R2 y R3)	,1540667	,0022189	,0012811	,1485547	,1595786	120,265	2	,000
Par 2	Ci_Cd F70_2 (R1; R2 y R3) - Cf_Cd F70_2 (R1; R2 y R3)	,2129667	,0013614	,0007860	,2095848	,2163485	270,954	2	,000
Par 3	Ci_Cd F150_1 (R1; R2 y R3) - Cf_Cd F150_1 (R1; R2 y R3)	,2515667	,0015503	,0008950	,2477156	,2554177	281,065	2	,000
Par 4	Ci_Cd F150_2 (R1; R2 y R3) - Cf_Cd F150_2 (R1; R2 y R3)	,3439667	,0018771	,0010837	,3393038	,3486295	317,395	2	,000

Fuente: Elaboración Propia, software SPSS.

Según los resultados los resultados que se muestran con un nivel de confianza del 95%, podemos concretar que existen diferencias significativas entre las medias de las concentraciones pre y post tratamientos, entonces al ver que el Valor P de las pruebas son menores al nivel de significancia  $\alpha = 0,05$  se procede a rechazar la Hipótesis Nula ( $H_0$ ) y se acepta la Hipótesis Alterna de Investigación ( $H_a$ ) que expone que el biofiltro con residuos de pitahaya es eficiente para la remoción de Cadmio (Cd) en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020.

## V. DISCUSIÓN

Se describen a continuación las discusiones de la investigación:

Según Tadepalli (2016) en su tesis empleó mazorcas de maíz como adsorbente en una columna de lecho empacado (biofiltro) para el tratamiento de efluentes industriales y así eliminar metales pesados como el Cd, logrando una eficiencia de remoción de 78,76% de Cd con tiempo de retención de 2 horas y valor de pH 6, adicionando dosis de 5 g/L de adsorbente. Por otro lado, en la presente investigación se aplicó fibras de pitahaya como material filtrante para la adsorción logrando reflejar también un alto porcentaje de eficiencia con 86,6% tratando el efluente de industria de pigmentaciones con pH 6,92, empleando el mayor tiempo de retención hidráulica propuesto de 2 horas y dosis de 150 g de material filtrante, lo cual explica que dichos resultados se aproximan entre si al tener ambos una eficiencia de nivel significativo.

Además, Shohreh, Ilunga y Tekere (2016) lograron una eficiencia de remoción de Cd del 71,01% cuando la concentración de Cd era de 8 mg/L y del 11% cuando la concentración de Cd era de 40 mg/L, aplicando un tiempo de retención hidráulica de 2 horas. Mientras que en esta investigación se logró un porcentaje de eficiencia de 86,6% empleando 150 g de material de relleno dentro del biofiltro y el mismo tiempo de retención hidráulica de 2 horas. Esto confirma que la aplicación de un biofiltro es eficiente en un buen porcentaje. Cabe mencionar que en la presente investigación la concentración inicial de Cd fue de 0,3972 mg/L a comparación de la investigación citada.

Seguidamente, Bermejo (2016), empleó bagazo de caña y cáscara de cacao como material de relleno dentro de un lecho como columna de adsorción (biofiltro) para la remoción de Cadmio y plomo logrando una eficiencia de remoción de Cd de 92%, para lo cual empleo 18,67 cm de material de relleno. Mientras que en la presente investigación se empleó hasta 16 cm de fibras de pitahaya como material de relleno dentro del empaque de biofiltro y se logró una eficiencia de remoción aproximada a la del autor citado, es decir de 86,6 % cuando el tiempo de retención hidráulica que aplicado era de 2 horas. Estas condiciones de experimentación lograron un notable aproximamiento en la eficiencia del tratamiento.

Asimismo, Lara (2016), empleó residuos de cacao dentro de un sistema continuo de lecho fijo, logrando 87% de eficiencia de remoción de Cd cuando las concentraciones iniciales de Cd fueron del 100 mg/L en efluente sintético de pH 6 estabilizado, se aplicó un tiempo de retención hidráulica de 4 y 5 horas; y con altura de lecho de 18,5 cm. Sin embargo, en esta pesquisa se logró una eficiencia de remoción de Cd de hasta 86% empleando menor tiempo de retención hidráulica (2 horas) y altura de biofiltro de 16 cm para el tratamiento de efluente de industria de pigmentos con pH inicial de 6,92 y reflejo de mejora poco significativa a pH final de 7,2 luego del tratamiento, asimismo, logrando que la concentración inicial de 0,3972 mg/L se reduzca a una concentración final de Cd de 0,0532 mg/L. Finalmente, se puede notar que se aunque las concentraciones iniciales son muy distintas, en la realidad de esta investigación se empleó menos tiempo de retención hidráulica.

Por otro lado, Abdolali, Ngo, Guo, Zhou, Jian et al. (2017), emplearon un lecho fijo con desecho de té, hojas de arce y cáscara de mandarina en relación de 3,2 y 1 respectivamente con lo cual lograron una eficiencia de remoción de Cd de hasta 96,33% con 3 ciclos de circulación, una altura del lecho de 31 cm, pH del afluente de 5,5 con concentración inicial de Cd de 20 mg/L y caudal para el tratamiento de 10 ml/min. Mientras que en la presente investigación se logró una eficiencia de remoción de Cd de 86% con un efluente de 6,92, una altura de lecho de 16 cm en solo un ciclo de circulación con caudal de 18,3 ml/min, logrando que la concentración inicial de 0,3972 mg/L se reduzca a una concentración final de Cd de 0,0532 mg/L. Por lo tanto, aunque hubo menor eficiencia de remoción se logró obtener una eficiencia aceptable con menos recurso y menos ciclo de circulación.

Posteriormente, Sooksawat, Metam, Kruatrache, Pokethitiyook y Inthorn (2017), emplearon una columna de lecho empaquetado con plantas acuáticas, marrón y algas verdes como material filtrante logrando 100% de eficiencia de remoción de Cd en el tercer ciclo de circulación, agregando ácido clorhídrico HCl 0,1 molar como electrolito para reutilizar la columna de lecho regenerando el biosorbente y caudal de 20 ml/min. Sin embargo, en la presente investigación la mejor eficiencia de remoción de Cd fue de 86,6% con solo un ciclo de circulación con caudal de 18,3 ml/min en donde no hubo la necesidad de emplear reactivos químicos como electrolitos y convertir el sistema en un método físico químico para asegurar una alta eficiencia de remoción.

Finalmente, Ibrahim et al. (2019) en su pesquisa empleó un biorreactor de lecho fijo con bacterias *Pseudomonas* sp. En concentración de 750 mg/L, en un medio de 7,5 de pH y tiempo de retención de hasta 48 horas con lo que logró una eficiencia de remoción de Cd de 100% con dicha masa bacteriana en 70 cm de altura dentro del biorreactor. Mientras que en la presente investigación se logró una eficiencia de remoción de Cd de 86,6% empleando dosis de 150 g de fibras de pitahaya como medio filtrante para el efluente con pH 6,92, tiempo de retención hidráulica de 2 horas (menor al investigador citado) y solo 16 cm de altura dentro del biofiltro. Por lo cual se puede inferir que se empleó menos tiempo de retención hidráulica y menor recurso como material de filtración; en conclusión, aunque no se logró una eficiencia

de remoción del 100% se puede observar que el resultado es prometedor en esta investigación.

## **VI. CONCLUSIONES**

Se determinó la eficiencia del biofiltro con residuos de pitahaya para la remoción de Cadmio (Cd) en efluentes de industria de pigmentaciones, obteniéndose como mejor resultado del 86,6%.

Se estableció para esta investigación que la dosis favorable de residuos de pitahaya como material de relleno en el biofiltro es de 150 g el cual tuvo la mejor eficiencia de remoción con 86,6%, es decir, reducir el contaminante Cadmio desde una concentración inicial de 0,3972 mg/L hasta una concentración final de 0,0532 mg/L.

Asimismo, con esta dosis se determinó que el mejor tiempo de retención hidráulica del sistema de biofiltro con residuos de pitahaya fue de 2 horas para dosis de 70 g y 150 g de material de relleno (fibras de pitahaya).

Además, se determinó las concentraciones de Cadmio removidas por el biofiltro con residuos de pitahaya, las cuales fueron de 0,3440 mg/L y 0,2130 mg/L cuando las dosis fueron de 150 g y 70 g respectivamente, y con tiempo de retención hidráulica de 2 horas. Asimismo, las concentraciones de Cadmio removidas también fueron de 0,2516 mg/L y 0,1541 mg/L cuando las dosis fueron de 150 g y 70 g respectivamente, y con tiempo de retención hidráulica de 1 hora.

Finalmente, se determinó que parámetros físico-químicos como pH, conductividad y oxígeno disuelto luego de aplicar el biofiltro con residuos de pitahaya al efluente de industria de pigmentaciones no presentaron mejoras o cambios de forma significativa, puesto que estos parámetros se mantuvieron dentro niveles aceptables antes y después del tratamiento.

## VII. RECOMENDACIONES

- Realizar la experimentación tomando en cuenta parámetros de calidad de agua como otros parámetros químicos y microbiológicos, con el fin de conocer la efectividad del biofiltro y su posible aplicación en el sistema de riego de zonas alto andinas donde existen pozas de agua descubiertas y son afectadas por la contaminación a causa de caída de animales muertos, basura, entre otros. Esto debido a que el material de relleno empleado (fibras de pitahaya) se encuentra abundantemente en zonas alto andinas como Ancash y existe el problema de abastecimiento de agua.
- Realizar el tratamiento adicionando ciclos de recirculación con el fin de conocer si el sistema de biofiltro puede llegar a alcanzar una eficiencia de remoción del contaminante Cadmio u otros contaminantes al 100%.
- Realizar una investigación con ensayos microscópicos para conocer la interacción de adsorción del material de relleno con otros contaminantes.
- Realizar la experimentación adicionando métodos físico-químicos sobre el material de relleno con el fin de repotenciar su eficiencia de remoción, modificar su capacidad de adsorción y emplear menos tiempo con mayor carga de efluente.

## VIII. REFERENCIAS

- ABDOLALI Atefeh, NGO Hao, GUO Wenshan, ZHOU John., ZHANG Jian et al. (2017). Application of a breakthrough biosorbent for removing heavy metals from synthetic and real wastewaters in a lab-scale continuous fixed-bed column. *Bioresource Technology*, 229, 78–87. PMID: 28110128.
- ALAMIS. D. (2010). Aprovechamiento de Hueso de Aceituna (Biosorción de Iones Metálicos). Universidad de Granada.
- AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION. *Water Treatment*. United States of America. 2010. 512 pp. ISBN 1613001088, 9781613001080.
- ASSOCIATION EUROPÉENNE OCÉANIQUE. *Metallic Effluents of Industrial Origin in the Marine Environment: A report prepared for the Directorate-General for Industrial and Technological Affairs and for the Environment and Consumer Protection Service of the European Communities by l'Association Europeenne Oceanique*. London: Springer Science & Business Media. 2012. 204 pp. ISBN 9401173451, 9789401173452.
- BACH Thomas y ROHMER Michel. *Isoprenoid Synthesis in Plants and Microorganisms: New Concepts and Experimental Approaches*. Springer Science & Business Media: 2012. 505 pp. ISBN: 1461440629, 9781461440628
- BERMEJO Campos, Daniel. (2016). Remoción de plomo y Cadmio presente en aguas residuales mineras mediante biosorción en columnas con bagazo de caña y cáscara de cacao. Tesis de Grado. Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Químicas. [en línea]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25710>.
- BONILLA Adrián, MENDOZA Didilia, REYNEL Hilda. *Adsorption Processes for Water Treatment and Purification*. Mexico: Springer. 2017. 256 pp. ISBN 3319581368, 9783319581361.

- CABILDO María Del Pilar, CLARAMUNT Rosa y VALLESPI Teresa y ESCOLASTICO Consuelo. Ecología II: Comunidades y Ecosistemas. Editorial UNED: Madrid, España. 2013. ISBN: 978-84-362-6807-2
- GARZÓN, Marco, GONZÁLEZ, Jazmín y GARCÍA, Raúl. (2016). Evaluación de un sistema de tratamiento doméstico para reúso de agua residual. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 2015. 32 (2) 199-211. DOI: 10.20937/RICA.2016.32.02.06.
- GOLMAN Lee, SCHFEL Andrew. GOLDMAN-CECIL TRATADO DE MEDICINA INTERNA. 25va ed. Barcelona: Gea Consultoría Editorial S.L., 2017. ISBN: 978-84-9112-033-8.
- GONZALES DEL VALLE, Ana. 2010. Andina. El 70% de aguas residuales en Perú se vierte sin tratamiento, afirma viceministra. Martes 22 de marzo del 2010. Disponible en: <https://andina.pe/agencia/noticia-el-70-aguas-residuales-peru-se-vierte-sin-tratamiento-afirma-viceministra-286553.aspx>.
- GUERRERO, Tania, (2018), Eficiencia de un sedimentador laminar y convencional para eliminar sólidos, Rev, Soc, Quim, Perú, 84(3) 2018, ISSN: 1810-634X,
- HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la investigación. 5ta ed. México D.F.: McGRAW-HILL Educación. 2014. 656 pp.
- HUANG Xunrong, ZHAO Hanghang, ZHANG Guibin et al. (2019). Potential of removing Cd (II) and Pb (II) from contaminated water using a newly modified fly ash. Chemosphere 242 (2020) 125148. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125148>.
- IBRAHIM Alaa, HAMDONA Samia, EL-NAGGAR Mona et al. Heavy metal removal using a fixed bed bioreactor packed with a solid supporter. Beni-Suef Univ J Basic Appl Sci,1 (2019) DOI: 10.1186 / s43088-019-0002-3

- INSTITUTO COLOMBIANO AGROPECUARIO. Manejo fitosanitario del cultivo de la pitahaya (*Hylocereus magalanthus* (K. Schum.ex Vaupel) Ralf Bauer) medidas para la temporada invernal. Bogotá: Produmedios. 2012. 32 pp. ISBN: 9588779057, 9789588779058
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. Instituto Nacional de Innovación Agraria: Cultivos frutícolas con potencial de exportación para el Valle de Chillón. Lima. 2009. 74 pp. Disponible en: [https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/oficina\\_a\\_poyo\\_enlace/cultivos\\_fruticolas\\_valle\\_chillon.pdf](https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/oficina_a_poyo_enlace/cultivos_fruticolas_valle_chillon.pdf).
- JIAPING Paul. Decontamination of Heavy Metals: Processes, Mechanisms, and Applications: Advances in Industrial and Hazardous Wastes Treatment. Washington: CRC Press. 2012. 454 pp. ISBN 1439816689, 9781439816684.
- LARA José. Adsorción de plomo y Cadmio en continuo de lecho fijo sobre residuos de cacao. [en línea]. 2016, vol.29. ISSN 0120-100X. Disponible em: <http://dx.doi.org/10.18273/revion.v29n2-2016009>.
- LI, C., & CHAMPAGNE, P. (2009). Fixed-bed column study for the removal of cadmium (II) and nickel (II) ions from aqueous solutions using peat and mollusk shells. *Journal of Hazardous Materials*, 171(1-3), 872–878. PMID: 19608338.
- LONDOÑO-Franco Luis Fernando, LONDOÑO-MUÑOZ Paula Tatiana, MUÑOZ-GARCÍA Fabián Gerardo. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, Vol. 14 No. 2 (145-153). DOI:10.18684/BSAA(14)145-153
- LOPEZ Jesús y MARTIN Sonia. Depuración de aguas residuales. Editorial Elearning: 2017. 526 pp. ISBN: 978-84-16360-14-7
- LOTTERMOSER Bernd. Mine Wastes: Characterization, Treatment and Environmental Impacts. 2da ed. Queensland, Australia: Springer Science & Business Media. 2007. 304 pp. ISBN 3540486305, 9783540486305.

- MACHUCA SÁNCHEZ David Ignacio, HERVÁS TORRES Miriam. (2014). Operaciones unitarias y proceso químico. QUIE0108 Operaciones básicas en Planta Química. IC Editorial. 276 pp. ISBN: 8416207038, 9788416207039.
- MARIN, Rafael. Procesos fisicoquímicos en depuración de aguas. Ediciones Díaz de Santos. 2012. 357 pp. ISBN: 978-84-9969-672-0.
- MEDELLÍN, Nahum; HERNANDEZ, Miriam; SALAZAR, Jacob; LABRADA, Gladis y ARAGÓN, Antonio. (2017). Bioadsorción de plomo (II) presente en solución acuosa sobre residuos de fibras naturales procedentes de la industria ixtlera (Agave lechuguilla Torr. y Yucca carnerosana (Trel.) McKelvey). Rev. Int. Contam. Ambie. 33 (2) 269-280, 2017. DOI: 10.20937/RICA.2017.33.02.08.
- METCALF Eddy y METCALF Leonard. Tratamiento y depuración de las aguas residuales. Labor, Editorial S. A. 1997. 864 pp. ISBN 8433564161, 9788433564160.
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO. Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. D.S. N° 010-2019-VIVIENDA. Norma Legal. Lima, 2019.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). (2018). Diagnóstico Ambiental del Perú. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39199>.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). (2008). Estándares nacionales de Calidad Ambiental para Agua. D.S N° 002-2008-MINAM. Norma Legal. Lima.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). (2018). Tratamiento-aguas-residuales. Norma Legal. Lima. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/aprende/wp-content/uploads/sites/123/2019/07/Tratamiento-de-Aguas-Residuales-Dom%C3%A9sticas-y-Municipales-para-su-reuso.pdf>.

- MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). (2014). Esta no es una revista más sobre el medio ambiente. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/minam-edicion-tres>.
- MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM). Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de Actividades Minero - Metalúrgicas. D.S N° 010-2010-MINAM. Norma Legal. Lima, 2010.
- ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL. (OEFA).2014. Disponible en: [https://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=7827](https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827).
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD – OMS. 2017. Enfermedades transmitidas por el agua. Agua, saneamiento e higiene. Disponible en: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases-risks/diseases/es/](https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases-risks/diseases/es/).
- RAMOS, C. Teoría de la Filtración de aguas. (2010).
- RÍOS Rivera, Anita. Eficiencia de fibras naturales, cabuya (*Furcraea andina*) y paja de trigo (*Triticum vulgari*) como biofiltros alternativos en el proceso de desnitrificación de aguas residuales de piscícolas de trucha arcoíris en la localidad Juan de Velasco. Tesis Doctoral. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de ingeniería geológica, minera, metalúrgica y geográfica, 2017.
- ROMERO J., VELÁZQUEZ G., MALDONADO A.A., CANALES I., ROMERO J. Y RAMÍREZ R. (2010). Modelación del proceso de transferencia de masa en columnas de lecho fijo de la bioadsorción del Cr (VI) usando transformadas de Laplace. 41, 106-131.
- RONNEAU C. y BITCHAEVA O. Biotechnology for Waste Management and Site Restoration: Technological, Educational, Business, Political Aspects. London: Springer Science & Business Media. 2012. 248 pp. ISBN: 9400914679, 9789400914674.

- ROUSSEAU Ronald. Handbook of Separation Process Technology. United States of America: John Wiley & Sons. 1987. 1024 pp. ISBN 047189558X, 9780471895589.
- SALAGER, Jean. Adsorción y Mojabilidad [en línea]. Laboratorio de formulación, interfaces geología y procesos Escuela de ingeniería, 1998. [Fecha de consulta: 26 de setiembre del 2019]. Disponible en: [http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAAahUKEwjmvZSci9vGAhVQM4gKHZWIAzk&url=http%3A%2F%2Fwww.firp.ula.ve%2Farchivos%2Fcuadernos%2FS160A\\_AdsorcionMojabilidad.pdf&ei=7j6lVeaOKNDmoASVky7IAw&usg=AFQjCNFgMfFA4TmRP1k6jkjpr9pxXbqxw&bvm=bv.97653015,d.aWw](http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAAahUKEwjmvZSci9vGAhVQM4gKHZWIAzk&url=http%3A%2F%2Fwww.firp.ula.ve%2Farchivos%2Fcuadernos%2FS160A_AdsorcionMojabilidad.pdf&ei=7j6lVeaOKNDmoASVky7IAw&usg=AFQjCNFgMfFA4TmRP1k6jkjpr9pxXbqxw&bvm=bv.97653015,d.aWw).
- SCHNOOR, D. M. (2003). Biofísica Química. Córdoba, Argentina: Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional.
- SENGUPTA Arup y MARCUS Yitzhak. Ion Exchange and Solvent Extraction: A Series of Advances. Basel, Suiza: Marcel Dekker, Inc. 2001. 384 pp. ISBN 0824705084, 9780824705084.
- SENGUPTA Arup. Environmental Separation of Heavy Metals: Engineering Processes. New York: CRC Press. 2001. 396 pp. ISBN 1566768845, 9781566768849.
- SHOHREH Azizi, ILUNGA Kamika, TEKERE Memoria. (2016) Evaluation of Heavy Metal Removal from Wastewater in a Modified Packed Bed Biofilm Reactor. Silvana Allodi, Federal University of Rio de Janeiro, BRAZIL. 11(5): e0155462.  
DOI: 10.1371/journal.pone.0155462.
- SOOKSAWAT Najjapak, MEETAM Metha, KRUATRACHUE Maleeya, POKETHITIYOOK Prayad & INTHORN Duangrat. (2017). Performance of packed bed column using Chara aculeolata biomass for removal of Pb and Cd

ions from wastewater. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 52(6), 539–546. PMID: 28276887.

- STANLEY Manahan. *Introducción a la química ambiental*. México: Reverte. 2006. 760 pp. ISBN: 8429179070, 9788429179071.
- TADEPALLI, Srinivas. (2016). Removal of heavy metal ions from Industrial effluents using low-cost Adsorbents in packed bed column. Disponible en: <http://shodhganga.inflibnet.ac.in/handle/10603/182338>.
- UNESCO - ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAD PARA LA EDUCACION, LA CIENCIA Y LA CULTURA. 2017. Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP). Disponibles en: <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/environment/water/wwap/facts-and-figures/all-facts-wwdr3/fact-36-industrial-wastewater/>.
- VERA Luisa, UGUÑA María y VÁSQUEZ Verónica. *La biosorción, despertar del futuro en la remoción de metales pesados: Biosorción en la eliminación de metales pesados*. Editorial Académica Española: 2015. ISBN 3659088846, 9783659088841.
- VILLADA, Yurany y HORMAZA, Angelina, (2015), Análisis simultáneo de la remoción de azul brillante y rojo 40 mediante espectrofotometría de derivadas, *Ingeniería y Desarrollo, Universidad del Norte*, Vol., 33 N° 1: 38-58, <http://dx.doi.org/10.14482/inde.33.L5526>, ISSN: Print version ISSN 0122-3461,
- VIZCAINO Mendoza, Lissette; FUENTES Molina, Natalia. (2015). Biosorción de Cd, Pb y Zn por biomasa pretratada de algas rojas, cáscara de naranja y tuna. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25 (1), pp. 43 – 60. ISSN 0124-8170.
- YEE-BATISTA Carmen. Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas [en línea]. Banco Mundial. 31 de diciembre de 2013. [Fecha de consulta: 23 de setiembre de 2020]. Disponible en:

<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2014/01/02/rios-de-latinoamerica-contaminados>

- ZULFADHLY Z., MASHITAH M. y BHATIA, S. (2001). Heavy metals removal in fixed-bed column by the macro fungus *Pycnoporus sanguineus*. *Environmental Pollution*, 112(3), 463–470. DOI:10.1016/s0269-7491(00)00136-6.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.** Ficha de características del biofiltro con material de relleno.

**Anexo 2.** Ficha de concentración de Cadmio pre y post tratamiento.

**Anexo 3.** Matriz de operacionalización de las variables.

**Anexo 4.** Matriz de consistencia.

**Anexo 5.** Diseño del biofiltro.

**Anexo 6.** Validación de Instrumentos de Recolección de Datos.

**Anexo 7.** Cadena de custodia de muestra EF-01 (pre tratamiento).

**Anexo 8.** Cadena de custodia de muestras post tratamiento.

**Anexo 9.** Fichas de recolección de datos obtenidos.

**Anexo 10.** Informes de ensayo de laboratorio.

**Anexo 10.** Panel Fotográfico.

**Anexo 11.** Acreditación del Laboratorio ALAB E.I.R.L.

## Anexo 1. Ficha de características del biofiltro con material de relleno.

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>Ficha de características del biofiltro con material de relleno.</b>					
Título:		"Aplicación de biorreactor con residuos de pitahaya para la remoción de cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020"					
Autor:		Kevin Angel Oblitas Carranza					
Asesor:		Milton Cesar Tullume Chavesta					
<b>Fibras de pitahaya</b>							
Código	Dosis	Altura del biomaterial material dentro del empaque	Dimensiones de diseño del biofiltro		Parámetros hidráulicos		Tiempo de Retención Hidráulica
	gramo (g)	altura (cm)	radio - r (cm)	altura - h (cm)	volumen (L)	caudal (ml/min)	TRH (h)
F70-1-R1							
F70-1-R2							
F70-1-R3							
F70-2-R1							
F70-2-R2							
F70-2-R3							
F150-1-R1							
F150-1-R2							
F150-1-R3							
F150-2-R1							
F150-2-R2							
F150-2-R3							

## Anexo 2. Ficha de concentración de Cadmio pre y post tratamiento.

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Ficha de concentración de cadmio pre y post tratamiento.							
Título:		"Aplicación de biorreactor con residuos de pitahaya para la remoción de cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020"							
Autor:		Kevin Angel Oblitas Carranza							
Asesor:		Milton Cesar Tullume Chavesta							
Código	Concentración inicial de Cd	Calidad físico-química inicial			Concentración final de Cd	Calidad físico-química final			Eficiencia* (%)
	(mg/L)	pH	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	(mg/l)	pH	Conductividad (μS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	
F70-1-R1									
F70-1-R2									
F70-1-R3									
F70-2-R1									
F70-2-R2									
F70-2-R3									
F150-1-R1									
F150-1-R2									
F150-1-R3									
F150-2-R1									
F150-2-R2									
F150-2-R3									

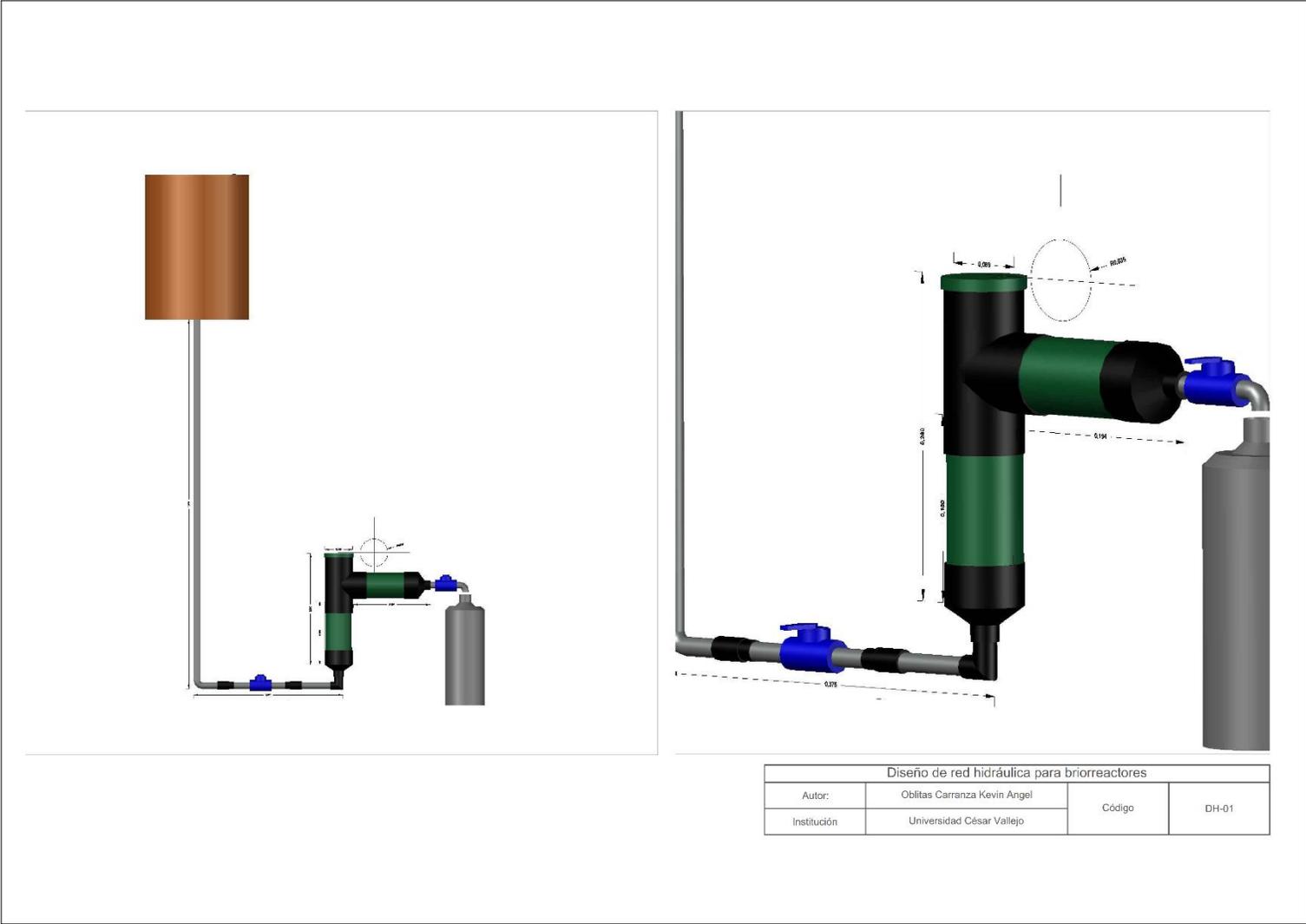
### Anexo 3. Matriz de operacionalización de las variables.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medición	Diseño metodológico	
Biofiltro de residuos de pitahaya,	Estos son sistemas empleados como depurador para el tratamiento de aguas residuales, son tanques circulares rellenos de piedra o grava, materiales sintéticos, materiales de origen orgánico u otros que actúan como filtros para atrapar partículas o contaminantes, en algunos casos ocurren reacciones químicas favorables para el tratamiento del efluente (Cabildo, Claramunt, Cornago et, al, 2008),	Se realizará la recolección de la pitahaya para emplearlo como material de relleno (residuos orgánicos) utilizando las fibras el cual se conseguirá mediante procesos de remojo, secado y corte; asimismo se controlarán los tiempos de retención en el sistema de biofiltro; cabe mencionar que el material de relleno se empleará dentro del biofiltro cilíndrico con dimensiones específicas, Esta propuesta de diseño se realiza con el fin de favorecer los procesos de adsorción evitando zonas de cero contactos dentro del biofiltro,	Uso de fibras en el biofiltro	Dosis		g	<b>Tipo de investigación:</b> Aplicada, <b>Enfoque:</b> Cuantitativo, <b>Nivel:</b> Explicativo, <b>Diseño y tipo de diseño de Investigación:</b> Experimental,
				Altura del biomaterial material dentro del empaque		cm	
				Dimensiones del biofiltro (radio y altura)		cm	
			Tiempo de Retención Hidráulica (TRH)	Datos hidráulicos	Volumen	L	
					Caudal	ml/min	
Tiempo		horas					
Remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones,	Es el conjunto de procesos biológicos, procesos físicos y químicos, que se aplican para lograr modificar favorablemente ciertas características negativas presentes en las aguas, es decir remover microorganismos, metales pesados u otros agentes contaminantes que se encuentran suspendidas o disueltas (López, E, Aduvire, O y Baretino, D, 2002),	La remoción de Cadmio se determinará mediante el análisis a las muestras pre y post tratamiento obtenidas luego de aplicar el sistema de biofiltro con residuos de pitahaya, lo cual permitirá calcular de manera aritmética las concentraciones de Cadmio que fueron removidas de los efluentes de industria de pigmentaciones y posteriormente el cálculo de la eficiencia, asimismo, se determinará la calidad de los parámetros físico-químicos antes y después de la aplicación del tratamiento,	Concentración de Cadmio (Cd)	Concentración Inicial de Cadmio (Cd)		mg/L	
				Concentración Final de Cadmio (Cd)		mg/L	
			Parámetros físico-químicos	pH		Unidad de pH	
				Conductividad		μS/cm	
				Oxígeno Disuelto		mg/L	
			Eficiencia de remoción	Porcentaje de remoción de Cadmio		%	
$Ef (\%) = \frac{Ci - Cf}{Ci} \cdot 100$							

#### Anexo 4. Matriz de consistencia.

	Problemas de investigación	Objetivos de investigación	Hipótesis de investigación	Variables de estudio	Método
<b>Variable Independiente</b>	¿Cuánto es la eficiencia del biofiltro con residuos de pitahaya para la remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020?	Determinar la eficiencia del biofiltro con residuos de pitahaya para la remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020,	El biofiltro con residuos de pitahaya es eficiente para la remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020,		
<b>Variable Dependiente</b>	¿Cuánto es la dosis favorable de residuos de pitahaya dentro del biofiltro para la remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020?	Establecer la dosis favorable de los residuos de pitahaya como material de relleno en el biofiltro para la remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020,	La dosis favorable de los residuos de pitahaya como material de relleno en el biofiltro es de 150 g para la remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020,	<b>Variable Independiente</b>	<b>Tipo de investigación:</b> Aplicada
	¿Cuál es el mejor tiempo de retención hidráulica del biofiltro con residuos de pitahaya para la remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020?	Determinar el mejor tiempo de retención hidráulica del biofiltro con residuos de pitahaya para la remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020,	El mejor tiempo de retención hidráulica del biofiltro con residuos de pitahaya es de 2 horas para la remoción de Cadmio (Cd) en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020,	Biofiltro con residuos de pitahaya	<b>Enfoque:</b> Cuantitativo
	¿Cuánto es la concentración de Cadmio removida en el biofiltro de residuos de pitahaya del efluente de industria de pigmentaciones, Comas, 2020?	Determinar la concentración de Cadmio removida el biofiltro por los residuos de pitahaya en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020,	Las concentraciones de Cadmio (Cd) removidas son del alto porcentaje con el biofiltro con residuos de pitahaya para efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020,	<b>Variable Dependiente</b>	<b>Nivel:</b> Explicativo
	¿Cuál es la calidad en los parámetros químicos sobre pH, conductividad y oxígeno disuelto luego de aplicar el biofiltro con residuos de pitahaya al efluente de industria de pigmentaciones, Comas, 2020?	Determinar la calidad en los parámetros químicos sobre pH, conductividad y oxígeno disuelto luego de aplicar el biofiltro con residuos de pitahaya al efluente de industria de pigmentaciones, Comas, 2020	El biofiltro con residuos de pitahaya mejor la calidad en los parámetros químicos del efluente de industria de pigmentaciones, Comas, 2020,	Remoción de Cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones,	<b>Diseño y tipo de diseño de Investigación:</b> Experimental

**Anexo 5. Diseño del biofiltro.**



## Anexo 6. Validación de Instrumentos de Recolección de Datos.

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>Ficha de características del biofiltro con material de relleno.</b>					
Título:		"Aplicación de biorreactor con residuos de pitahaya para la remoción de cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020"					
Autor:		Kevin Angel Oblitas Carranza					
Asesor:		Milton Cesar Tullume Chavesta					
<b>Fibras de pitahaya</b>							
Código	Dosis	Altura del biomaterial material dentro del empaque	Dimensiones de diseño del biofiltro		Parámetros hidráulicos		Tiempo de Retención Hidráulica
	gramo (g)	altura (cm)	radio - r (cm)	altura - h (cm)	volumen (L)	caudal (ml/min)	TRH (h)
F70-1-R1							
F70-1-R2							
F70-1-R3							
F70-2-R1							
F70-2-R2							
F70-2-R3							
F150-1-R1							
F150-1-R2							
F150-1-R3							
F150-2-R1							
F150-2-R2							
F150-2-R3							

Atentamente,




Juan Julio Ordoñez Galvez  
CIP: 89972  
DNI: 08447308



FIRMA DE EXPERTO N° 2  
Dr. Elmer G. Benites Alfaro  
CIP: 71998  
DNI: 07867259 TELÉFONO:



Milton Cesar Tullume Chavesta  
FIRMA DE EXPERTO N° 3  
CIP: 64716  
DNI: 07482588 TELÉFONO: 96625519

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		<b>Ficha de concentración de cadmio pre y post tratamiento.</b>							
Título:		"Aplicación de biorreactor con residuos de pitahaya para la remoción de cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020"							
Autor:		Kevin Angel Oblitas Carranza							
Asesor:		Milton Cesar Tullume Chavesta							
Código	Concentración inicial de Cd	Calidad físico-química inicial			Concentración final de Cd	Calidad físico-química final			Eficiencia* (%)
	(mg/L)	pH	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	(mg/L)	pH	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	
F70-1-R1									
F70-1-R2									
F70-1-R3									
F70-2-R1									
F70-2-R2									
F70-2-R3									
F150-1-R1									
F150-1-R2									
F150-1-R3									
F150-2-R1									
F150-2-R2									
F150-2-R3									

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez  
CIP: 89972  
DNI: 08447308



FIRMA DE EXPERTO N° 2  
Dr. Elmer G. Benites Alfaro  
CIP: CIP 71998  
DNI: 07867259 TELÉFONO:



Milton Cesar Tullume Chavesta  
FIRMA DE EXPERTO N° 3  
CIP: 64716  
DNI: 07482588 TELÉFONO: 96625519

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Ordoñez Gálvez, Julio.
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente UCV.
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Hidrología Ambiental
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:**  
Instrumento 1: Ficha de características del biofiltro con material de relleno.
- 1.5. **Autor(a) del instrumento:** Kevin Angel Oblitas Carranza

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INCEPTABLES					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
Objetividad	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
Organización	Existe una organización lógica.											X		
Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de las hipótesis.											X		
Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											X		
Pertinencia	El instrumento muestra relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método científico.											X		

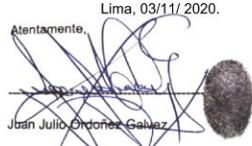
**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- Instrumento **cumple** con los requisitos para su aplicación.
- Instrumento **NO cumple** con los requisitos para su aplicación.

 SI

 -----

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**
 90%

Lima, 03/11/ 2020.  
Atentamente,  
  
Juan Julio Ordoñez Gálvez  
DNI: 08447308

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**
**V. DATOS GENERALES**

- 5.1. **Apellidos y Nombres:** Ordoñez Gálvez, Julio.
- 5.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente UCV.
- 5.3. **Especialidad o línea de investigación:** Hidrología Ambiental.
- 5.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:**  
Instrumento 2: Ficha de concentración de cadmio pre y post tratamiento.
- 5.5. **Autor(a) del instrumento:** Kevin Angel Oblitas Carranza

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INCEPTABLES					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
Objetividad	Está adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
Organización	Existe una organización lógica.												X	
Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.												X	
Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de las hipótesis.												X	
Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.												X	
Pertinencia	El instrumento muestra relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método científico.												X	

**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- Instrumento **cumple** con los requisitos para su aplicación.
- Instrumento **NO cumple** con los requisitos para su aplicación.

 SI

 -----

**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN**
 90%

Lima, 03/11/ 2020.  
Atentamente,  
  
Juan Julio Ordoñez Gálvez  
DNI: 08447308



**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**
**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Milton Tullume Chavesta.
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente UCV.
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:**
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:**  
Instrumento 1: Ficha de características del biofiltro con material de relleno.
- 1.5. **Autor(a) del instrumento:** Kevin Angel Oblitas Carranza

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INCEPTABLES					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible.											x		
Objetividad	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											x		
Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											x		
Organización	Existe una organización lógica.											x		
Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											x		
Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de las hipótesis.											x		
Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											x		
Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											x		
Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.											x		
Pertinencia	El instrumento muestra relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método científico.											x		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDADSI**

- Instrumento **cumple** con los requisitos para su aplicación.
- Instrumento **NO cumple** con los requisitos para su aplicación.

 SI  

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**
 %

Lima, de 10 octubre del 2020

  
 MILTON CESAR TULLUME CHAVESTA  
 CIP: 64716  
 DNI: 07482588      Teléfono: 966255191

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**
**V. DATOS GENERALES**

- 5.1. **Apellidos y Nombres:** Dr. Milton Tullume Chavesta.
- 5.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente UCV.
- 5.3. **Especialidad o línea de investigación:**
- 5.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:**  
Instrumento 2: Ficha de concentración de cadmio pre y post tratamiento.
- 5.5. **Autor(a) del instrumento:** Kevin Angel Oblitas Carranza

**VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INCEPTABLES					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Claridad	Esta formulado con lenguaje comprensible.													
Objetividad	Está adecuado a las leyes y principios científicos.													x
Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													x
Organización	Existe una organización lógica.													x
Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.													x
Intencionalidad	Esta adecuado para valorar las variables de las hipótesis.													x
Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													x
Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													x
Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar la hipótesis.													x
Pertinencia	El instrumento muestra relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método científico.													x

**VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- Instrumento **cumple** con los requisitos para su aplicación.
- Instrumento **NO cumple** con los requisitos para su aplicación.

 SI  

**VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN**
 %

Lima, de 10 octubre del 2020

  
 MILTON CESAR TULLUME CHAVESTA  
 CIP: 64716  
 DNI: 07482588      Teléfono: 966255191

# Anexo 7. Cadena de custodia de muestra EF-01 (pre tratamiento).



**CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA**

Orden del cliente: **1009427**  
R. N. **1009427**  
IV. **1009427**  
Pag. **9** de **11**

Orden de servicio: **70-2734**  
Plan de Muestreo:  
Número de muestra: **1E-20-6568**  
Propiedad o lugar de muestreo: **Comas**  
Código de muestra: **CC-20-6547**

Fecha Social: **01/11/2020**  
Persona de contacto: **Kevin Andrés Cárdenas Contreras**  
Nombre del proyecto: **Apertura de facilities en residuos de colchagua para la recolección de residuos en el distrito de industrial de colchagua**

Item	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		UBICACIÓN		N° Frasco		PARAMETROS DE SERVIDO		PARAMETROS EN SITIO		OBSERVACIONES			
	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación	Subgrupo	Coordenadas (UTM)	V	P	T° Agua (°C)	pH (medido en pH)		CE (µmhos/cm)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)
1	EF-01	U-20 2/16/20	U-20 2/16/20	ME Industrial	N 84 8720 E 232 463		✓		12,9	6,92	1490	6,42		
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														

**Preservación:** **WVC**

**Clasificación de la Matriz Agua, Ref: RFP 244.042**

SECTOR: **AGRICULTURA**  
SUBSECTOR: **AGRICULTURA**  
ACTIVIDAD: **AGRICULTURA**  
CATEGORÍA: **AGRICULTURA**  
SUBCATEGORÍA: **AGRICULTURA**  
ACTIVIDAD: **AGRICULTURA**  
CATEGORÍA: **AGRICULTURA**  
SUBCATEGORÍA: **AGRICULTURA**

**Muestreado por:** **ALAB**  **Chem**

**Descripción de equipos utilizados:**

Nº: **1** Código memo: **1** Nombre de equipo: **1**

Nº: **2** Código memo: **2** Nombre de equipo: **2**

Nº: **3** Código memo: **3** Nombre de equipo: **3**

Nº: **4** Código memo: **4** Nombre de equipo: **4**

**Legenda:** F: Fecha, N: Hora, V: Vario, P: Pético, T°: Temp. ambiente

Muestreado por: **Kevin Cárdenas**  
Fecha: **04-11-2020**  
Firma: **[Firma]**

Responsable de muestra: **[Firma]**  
Fecha: **06 NOV 2020**  
Hora: **15:15**

**Observaciones:**

**Informe ALAB**

INFORMES

Este documento es propiedad de ALAB. No se permite su reproducción total o parcial sin autorización de ALAB. Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización de ALAB.

# Anexo 8. Cadena de custodia de muestras post tratamiento.



**ALAB**  
ANÁLISIS LABORATORIALES

## CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ AGUA

L: FOPR-1.42  
N: 2024ab-3  
Pág. 1 de 2

**Datos del cliente**

Razón Social: **OLIS TEMA Ingeniería SAC**

Persona de contacto: **Kevin Araya Ojalita Carranza** Correo / Teléfono: **kyndolita@gmail.com / 953 976**

Nombre del proyecto: **Aplicación de Soplillo en residuos de pitahaya para la remoción de coliformes en efluentes de industrias de alimentos**

Orden de servicio: **20-27234**

Plan de Muestreo: **1E-20-6563 / CC-20-6543**

Informe de ensayo: **1E-20-6563 / CC-20-6543**

Procedencia o lugar de muestreo: **Coma**

Fecha	Punto de muestro / Estación	Código de laboratorio	Muestreo	Clasificación	Ubicación	N° Frascos		PARÁMETROS DE ENSAYO					PARÁMETRO IN SITU				OBSERVACIONES
						V	P	Preservante	Temperatura (°C)	pH (Unidad apH)	CE (easom)	OD (mg/L)	Cloro Libre (mg/L)	Cloro Total (mg/L)			
1	F10-1-01	2/1583	F05-11-2010 H: 04:00	Industrial	N: 817 8820 E: 232 463	✓		Cloro Libre	685	719	719	719					
2	F10-1-02	2/1584	F05-11-2010 H: 05:00	Industrial	N: 817 8820 E: 232 463	✓		Cloro Libre	685	719	719	719					
3	F10-1-03	2/1585	F05-11-2010 H: 06:00	Industrial	N: 817 8820 E: 232 463	✓		Cloro Libre	685	719	719	719					
4	F10-1-04	2/1586	F05-11-2010 H: 10:00	Industrial	N: 817 8820 E: 232 463	✓		Cloro Libre	630	715	715	715					
5	F10-1-05	2/1587	F05-11-2010 H: 12:00	Industrial	N: 817 8820 E: 232 463	✓		Cloro Libre	630	716	716	716					
6	F10-1-06	2/1588	F05-11-2010 H: 14:00	Industrial	N: 817 8820 E: 232 463	✓		Cloro Libre	630	715	715	715					
7	F10-1-07	2/1589	F05-11-2010 H: 01:00	Industrial	N: 817 8820 E: 232 463	✓		Cloro Libre	683	717	717	717					
8	F10-1-08	2/1590	F05-11-2010 H: 02:30	Industrial	N: 817 8820 E: 232 463	✓		Cloro Libre	683	718	718	718					

**Descripción de equipos utilizados:**

Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo
1		
2		
3		
4		

**Legenda**

N: Norte  
E: Este  
V: Vertico  
P: Plastico

T° Mra: Temperatura de Muestra  
T° Amb: Temperatura ambiente

**Clasificación de la Matriz Agua, Ref: NTP 214.042**

GRUPO: SUELO - GRUPO

AB: Agua Natural  
SB: SUELO - INDUSTRIAL - MUNICIPAL

AF: Agua para Uso y Consumo Doméstico

AS: Agua Salada

AP: Agua de Proceso

**Recepción de muestra:**  
06 NOV 2020  
15:15

**Cliente:**  
Kevin Ojalita

**Muestreado por:**  
[Firma]

**Muestreado por:**  ALAB  Cliente

**Observaciones / Comentarios**

Sede principal: Prodigio Zorumbá, Mz. 02, L.L.3, Bolívar, Callao / Sede Arequipa: Urbanización Tarma y San Mateo, Arequipa / Sede Piura: Urbanización Los Condes Mz N.11.20 (Española de la Universidad ESPU), Distrito de Piura, Piura.

Web site: www.alab.com.pe - Email: grupo.conexion@alab.com.pe - RUC: 20609651901 - T: (01)4531388 - (017)76008 - Cel: 9859588 - 9856658

INFORMES

Documento controlado. Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización de ALAB.



## Anexo 9. Fichas de recolección de datos obtenidos.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Ficha de características del biofiltro con material de relleno.					
Título:		*Aplicación de biorreactor con residuos de pitahaya para la remoción de cadmio en efluentes de industria de pigmentaciones, Comas, 2020*					
Autor:		Kevin Angel Oblitas Carranza					
Asesor:		Milton Cesar Tullume Chavesta					
Fibras de pitahaya							Tiempo de Retención Hidráulica
Código	Dosis gramo (g)	Altura del biomaterial material dentro del empaque altura (cm)	Dimensiones de diseño del biofiltro		Parámetros hidráulicos		
			radio - r (cm)	altura - h (cm)	volumen (L)	caudal (ml/min)	TRH (h)
F70-1-R1	70,0	12,0	3,5	27,0	1,0	16,6	1
F70-1-R2	70,0	13,0	3,5	28,0	1,0	16,6	1
F70-1-R3	70,0	13,0	3,5	28,0	1,0	16,6	1
F70-2-R1	70,0	13,0	3,5	29,0	1,0	16,6	1
F70-2-R2	70,0	13,0	3,5	28,0	1,0	16,6	2
F70-2-R3	70,0	13,0	3,5	28,0	1,0	16,6	2
F150-1-R1	150,0	16,0	3,5	28,0	1,0	18,3	1
F150-1-R2	150,0	16,0	3,5	28,0	1,0	18,3	1
F150-1-R3	150,0	16,0	3,5	28,0	1,0	18,3	1
F150-2-R1	150,0	16,0	3,5	28,0	1,0	18,3	2
F150-2-R2	150,0	16,0	3,5	28,0	1,0	18,3	2
F150-2-R3	150,0	16,0	3,5	28,0	1,0	18,3	2

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		Ficha de concentración de cadmio pre y post tratamiento.											
Título:		"Aplicación de bioreactor con residuos de pitahaya para la remoción de cadmio en efluentes de industrias de pigmentaciones, Comas, 2020"											
Autor:		Kevin Angel Obillas Carranza											
Asesor:		Millon Cesar Tullume Chavesta											
Código	Concentración inicial de Cd			Calidad fisico-química inicial			Concentración final de Cd			Calidad fisico-química final			Eficiencia* (%)
	(mg/L)	pH	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	(mg/L)	pH	Conductividad (µS/cm)	(mg/L)	pH	Conductividad (µS/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)		
F70-1-R1	0,3972	6,92	340	6,42	0,2413	7,19	685	7,69	39,2				
F70-1-R2	0,3972	6,92	340	6,42	0,2436	7,14	685	7,69	38,2				
F70-1-R3	0,3972	6,92	340	6,42	0,2425	7,17	685	7,69	38,9				
F70-2-R1	0,3972	6,92	340	6,42	0,1853	7,15	670	7,51	53,3				
F70-2-R2	0,3972	6,92	340	6,42	0,1847	7,16	670	7,51	53,5				
F70-2-R3	0,3972	6,92	340	6,42	0,1827	7,15	670	7,51	54,0				
F150-1-R1	0,3972	6,92	340	6,42	0,1456	7,17	685	7,37	63,3				
F150-1-R2	0,3972	6,92	340	6,42	0,1441	7,17	685	7,38	63,7				
F150-1-R3	0,3972	6,92	340	6,42	0,1472	7,17	685	7,38	62,9				
F150-2-R1	0,3972	6,92	340	6,42	0,0536	7,16	689	7,48	86,5				
F150-2-R2	0,3972	6,92	340	6,42	0,0512	7,18	669	7,48	87,7				
F150-2-R3	0,3972	6,92	340	6,42	0,0549	7,16	669	7,48	86,2				

## Anexo 10. Informes de ensayo de laboratorio.



### INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6563

#### I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: ORBIS TCMA INGENIEROS S.A.C.
2.-DIRECCIÓN	: BL. PANAMERICANA NORTE KM. 27 DPTO. 208 INT. P CND. CIUDAD VERDE (FRENTE A LA ESCUELA PNP DE PTE PIEDRA) LIMA - LIMA - PUENTE PIEDRA
3.-PROYECTO	: APLICACIÓN DE BIOFILTRO CON RESIDUOS DE PITAHAYA PARA LA REMOCIÓN DE CADMIO EN EFLUENTES DE INDUSTRIA DE PIGMENTACIONES, COMAS, 2020
4.-PROCEDENCIA	: COMAS
5.-SOLICITANTE	: KEVIN ANGEL OBLITAS CARRANZA
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-20-2234
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2020-11-14

#### II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 12
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2020-11-06
4.-PERIODO DE ENSAYO	: 2020-11-06 al 2020-11-14

Lindsay Sidney Noe Cruz  
Supervisora



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.  
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.  
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6563**

**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales <sup>2</sup>	EPA Method 200.7 Rev.4.4 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

<sup>1</sup>EPA<sup>1</sup> : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6563

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4	5	6
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-20-21583	M-20-21584	M-20-21585	M-20-21586	M-20-21587	M-20-21588
CÓDIGO DEL CLIENTE:	F70-1-R1	F70-1-R2	F70-1-R3	F70-2-R1	F70-2-R2	F70-3-R3
COORDENADAS:	E:0272463	E:0272463	E:0272463	E:0272463	E:0272463	E:0272463
UTM WGS 84:	N:8687820	N:8687820	N:8687820	N:8687820	N:8687820	N:8687820
PRODUCTO:	Agua Residual					
SUB PRODUCTO:	Residual Industrial					
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA					
FECHA y HORA DE MUESTREO:	05-11-2020 04:00	05-11-2020 05:00	05-11-2020 06:00	05-11-2020 10:00	05-11-2020 12:00	05-11-2020 14:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Metales Totales <sup>2</sup>						
Cadmio	mg/L	0,0001	0,0004	0,2413	0,2456	0,2425
				0,1853	0,1847	0,1827

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS  
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.  
L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6563**

ITEM	7	8	9	10	11	12
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-20-21589	M-20-21590	M-20-21591	M-20-21592	M-20-21593	M-20-21594
CÓDIGO DEL CLIENTE:	F150-1-R1	F150-1-R2	F150-1-R3	F150-2-R1	F150-2-R2	F150-2-R3
COORDENADAS:	E:0272463	E:0272463	E:0272463	E:0272463	E:0272463	E:0272463
UTM WGS 84:	N:8687820	N:8687820	N:8687820	N:8687820	N:8687820	N:8687820
PRODUCTO:	Agua Residual					
SUB PRODUCTO:	Residual Industrial					
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA					
FECHA y HORA DE MUESTREO :	05-11-2020 07:00	05-11-2020 08:00	05-11-2020 09:00	05-11-2020 16:00	05-11-2020 18:00	05-11-2020 20:00
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS		
Metales Totales <sup>2</sup>						
Cadmio	mg/L	0,0001	0,0004	0,1456	0,1441	0,1472
				0,0536	0,0512	0,0549

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS  
L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " $<$ "= Menor que el L.C.M.  
L.D.M.: Límite de detección del método, " $<$ "= Menor que el L.D.M.

"FIN DE DOCUMENTO"

## INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6568

### I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL	: ORBIS TCMA INGENIEROS S.A.C.
2.-DIRECCIÓN	: BL. PANAMERICANA NORTE KM. 27 DPTO. 208 INT. P CND. CIUDAD VERDE (FRENTE A LA ESCUELA PNP DE PTE PIEDRA) LIMA - LIMA - PUENTE PIEDRA
3.-PROYECTO	: APLICACIÓN DE BIOFILTRO CON RESIDUOS DE PITAHAYA PARA LA REMOCIÓN DE CADMIO EN EFLUENTES DE INDUSTRIA DE PIGMENTACIONES, COMAS, 2020
4.-PROCEDENCIA	: EFLUENTE INDUSTRIAL, INDUSTRIA DE PIGMENTOS (EFLUENTE DE TOMA DE CALIDAD)
5.-SOLICITANTE	: KEVIN ANGEL OBLITAS CARRANZA
6.-ORDEN DE SERVICIO N°	: OS-20-2234
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	: NO APLICA
8.-MUESTREADO POR	: EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME	: 2020-11-17

### II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO	: Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS	: 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA	: 2020-11-06
4.-PERÍODO DE ENSAYO	: 2020-11-06 al 2020-11-17

Lindsay Sidney Noe Cruz  
Supervisora



Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.  
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.  
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6568**

**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

TIPO DE ENSAYO	NORMAL REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales <sup>2</sup>	EPA Method 200.7 Rev.4.4 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

<sup>1</sup>"EPA" : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

<sup>2</sup> Ensayo acreditado por el IAS

**INFORME DE ENSAYO N°: IE-20-6568**

**IV. RESULTADOS**

<b>ITEM</b>				<b>1</b>
CÓDIGO DE LABORATORIO:				M-20-21612
CÓDIGO DEL CLIENTE:				EF-01
COORDENADAS:				E:0272463
UTM WGS 84:				N:8678820
PRODUCTO:				Agua Residual
SUB PRODUCTO:				Residual Industrial
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:				NO APLICA
FECHA y HORA DE MUESTREO :				04-11-2020 16:20
<b>ENSAYO</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>L.D.M.</b>	<b>L.C.M.</b>	<b>RESULTADOS</b>
<b>Metales Totales<sup>2</sup></b>				
Cadmio	mg/L	0,0001	0,0004	0,3972

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

<sup>2</sup>Ensayo acreditado por el IAS

**"FIN DE DOCUMENTO"**

**Anexo 11. Panel Fotográfico.**



Fotografía 1: Verificación del pozo.



Fotografía 2: Recolección de la muestra.



Fotografía 3: Envasado de muestras.



Fotografía 4: Preservación de muestra.



Fotografía 5: Etiquetado de la muestra.



Fotografía 4: Preservación de muestra.



Fotografía 5: Etiquetado de la muestra.



Fotografía 6: Ingreso a la zona de recolección de residuos de pitahaya.



Fotografía 7: Medición de longitud y corte de la planta sobrante.



Fotografía 8: Recolección de la planta de pitahaya sobrante.



Fotografía 9: Toma de coordenadas de ubicación de zona de recolección.



Fotografía 10: Trozado de tallos sobrantes de pitahaya.



Fotografía 11: Preparado para obtención de fibras de pitahaya.



Fotografía 12: Remojado y verificación de material fibroso.



Fotografía 13: Obtención de material de relleno fibroso de pitahaya.



Fotografía 14: Ensamblado de cabeza de empaque del biofiltro.



Fotografía 15: Ensamblado del cuerpo y base de empaque del biofiltro.



Fotografía 16: Ensamblado de llaves de ingreso al empaque del biofiltro.



Fotografía 17: Ensamblado de red de ingreso al empaque del biofiltro.



Fotografía 18: Introducción de maya de PVC para material filtrante.



Fotografía 19: Soporte completo de tuberías.



Fotografía 20: Diseño final del sistema de biofiltro.



Fotografía 21: Anotación de los parámetros hidráulicos.



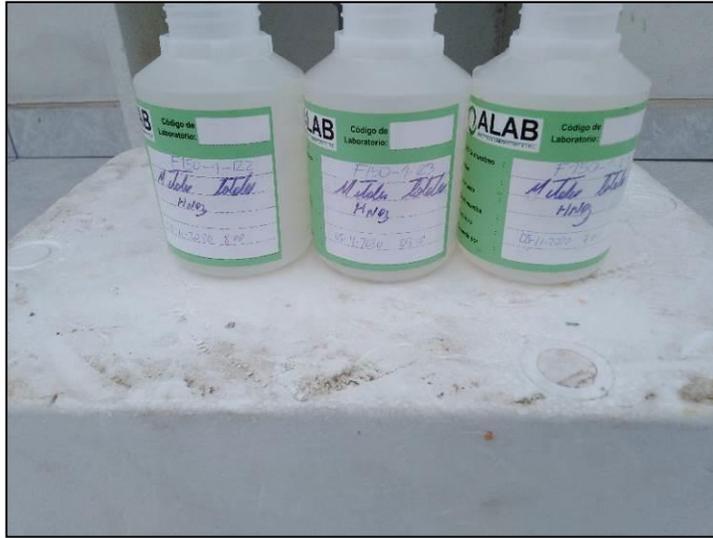
Fotografía 22: Ajuste del sistema hidráulico.



Fotografía 23: Muestras post tratamiento F70-1-R1; F70-1-R2 y F70-1-R3.



Fotografía 24: Muestras post tratamiento F70-2-R1; F70-2-R2 y F70-2-R3.



Fotografía 25: Muestras post tratamiento F150-1-R1; F150-1-R2 y F150-1-R3.



Fotografía 26: Muestras post tratamiento F150-2-R1; F150-2-R2 y F150-2-R3.



Fotografía 27: Preservación de las muestras post tratamiento.



Fotografía 28: Rellenado de cadenas de custodia de muestras post tratamiento.

## Anexo 12. Acreditación del Laboratorio ALAB E.I.R.L.

**Certificado**

 **INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación al:

**ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L.**

**Laboratorio de Ensayo**

Prolongación Zarumilla, Mz D2 Lt 3, Asociación Daniel Alcides Carrión, distrito de Bellavista, provincia constitucional del Callao, departamento de Lima

Con base en la norma  
**NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 26 de julio de 2019  
Fecha de Vencimiento: 25 de julio de 2023

  
ESTELA CONTRERAS JUGO  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0547-2019/INACAL-DA  
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N°025-16/INACAL-DA  
Registro N° : LE-096

Fecha de emisión: 24 de julio de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados) al momento de hacer uso del presente certificado

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver. 02 DE-LAB-56  
DNC-Fuera del alcance de actualización



# CERTIFICATE OF ACCREDITATION

*This is to attest that*

## **ANALYTICAL LABORATORY E.I.R.L**

OFFICE: PROLONGACION ZARUMILLA MZ D2 LOTE 3  
BELLAVISTA-PROV. CONSTITUCIONAL DEL CALLAO-LIMA, PERU  
LABORATORY: AV. GUARDIA CHALACA NO. 1877 BELLAVISTA, PROV.  
CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, LIMA, PERU

Testing Laboratory TL-833

has met the requirements of AC89, *IAS Accreditation Criteria for Testing Laboratories*, and has demonstrated compliance with ISO/IEC Standard 17025:2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*. This organization is accredited to provide the services specified in the scope of accreditation on the following pages.

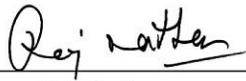
*This certificate is valid up to February 1, 2020.*

*This accreditation certificate supersedes any IAS accreditation bearing an earlier effective date. The certificate becomes invalid upon suspension, cancellation or revocation of accreditation. See [www.iasonline.org](http://www.iasonline.org) for current accreditation information, or contact IAS at 562-364-8201.*



DE-LAB-56-1



  
**Raj Nathan**  
**President**

DNC: Documento No controlado

18-15965