



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Eficiencia del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu
presentes en aguas del río Huarmey, 2020**

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

AUTORES:

Delgado Ramirez, Xiomara Ximena (ORCID: 0000-0003-3925-3198)

Mendoza Guillén, Rene Brayans (ORCID: 0000-0003-3074-904X)

ASESOR:

Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-8683-5054)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2020

Dedicatoria

Este trabajo de investigación está dedicado a nuestros queridos padres Jaime Mendoza; Alejandra Guillén y Miguel Delgado; Rosario Ramírez por ser ejemplos de sacrificio, virtud y fortaleza. Además, por brindarnos el apoyo, confianza y motivación durante el transcurso de nuestros estudios y vidas.

A todos nuestros familiares, por la comprensión y ayuda en lo académico y emocional por las amanecidas que nos sirvieron para ser buenos estudiantes con el deseo de ser grandes profesionales.

Agradecimiento

Agradecer en primer lugar a Dios todo poderoso por protegernos con su manto sagrado y permitir que nosotros y las personas a las que amamos permanezcamos con salud y vida frente al azote de esta gran pandemia que está cobrando vidas de personas indefensas.

También agradecer a nuestro asesor el Dr. Carlos Castañeda Olivera por apoyarnos en las asesorías del proceso de investigación y certificar que la tesis llegue a consumar de manera apropiada.

A nuestros amigos de la universidad, la base 15 por formar un gran grupo y compartir con nosotros alegrías, tristezas, viajes y el mismo deseo de culminar satisfactoriamente esta etapa de nuestras vidas.

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	viii
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	17
3.2 Variables y Operacionalización.....	17
3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis.....	18
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	19
3.5 Procedimientos.....	23
3.6 Métodos de análisis de datos.....	44
3.7 Aspectos éticos.....	45
IV. RESULTADOS.....	46
V. DISCUSIÓN.....	72
VI. CONCLUSIONES.....	75
VII. RECOMENDACIONES.....	76
REFERENCIAS.....	77
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1. Categoría 3 riego de vegetales y bebida de animales.....	11
Tabla 2. Tipo de Variable de Investigación	18
Tabla 3. Recolección de datos	18
Tabla 4. Los instrumentos y técnicas para la recolección de datos	19
Tabla 5. Promedio de validez.....	20
Tabla 6. Criterio de Evaluación del Coeficiente de Alpha de Cronbach	21
Tabla 7. Alpha de Cronbach en Excel.....	22
Tabla 8. Alpha de Cronbach en SPSS	23
Tabla 9. Temperatura inicial del agua del río Huarmey.....	27
Tabla 10. Conductividad eléctrica inicial del agua del río Huarmey	27
Tabla 11. Potencial redox inicial del agua del río Huarmey.....	28
Tabla 12. Potencial de hidrógeno inicial del agua del río Huarmey.....	28
Tabla 13. Turbidez inicial del agua del río Huarmey	28
Tabla 14. Sólidos totales del agua del río Huarmey.....	29
Tabla 15. Sólidos disueltos del agua del río Huarmey	29
Tabla 16 Sólidos suspendidos totales del agua del río Huarmey.....	30
Tabla 17. Oxígeno disuelto inicial del agua del río Huarmey	31
Tabla 18. Demanda química del oxígeno inicial del agua del río Huarmey.....	31
Tabla 19. Oxígeno disuelto inicial del DBO	32
Tabla 20. Oxígeno disuelto final del DBO	32
Tabla 21. Demanda biológica del oxígeno inicial del agua del río Huarmey	32
Tabla 22. Concentración inicial del Pb	33
Tabla 23. Concentración inicial del Cu.....	33
Tabla 24. Resultados de la humedad del grafito	37
Tabla 25. Resultados de Materia Volátil del grafito	37
Tabla 26. Resultados de cenizas del grafito.....	38

Tabla 27. Resultados del carbono fijo del grafito	38
Tabla 28. Resultados del poder calorífico del grafito	39
Tabla 29. Reactivos utilizados en la reacción del óxido de grafeno	39
Tabla 30. Información experimental	40
Tabla 32. Cálculo de la distancia del pico A y B.....	42
Tabla 33. Dosis del óxido de grafeno con relación al tiempo	42
Tabla 34. Resultados de la temperatura	46
Tabla 35. Resultados de potencial de hidrógeno	47
Tabla 36. Resultados de la conductividad eléctrica	48
Tabla 37. Resultados del potencial redox	49
Tabla 38. Resultados de la turbidez.....	50
Tabla 39. Resultados de sólidos totales.....	51
Tabla 40. Resultados de sólidos disueltos	52
Tabla 41. Resultados de SST	53
Tabla 42. Resultados del oxígeno disuelto.....	54
Tabla 43. Resultados de la demanda química del oxígeno.....	55
Tabla 44. Resultados de adsorción del plomo	56
Tabla 45. Resultados de la remoción del plomo	57
Tabla 46. Resultados de adsorción del cobre	58
Tabla 47. Resultados de la remoción del cobre	59
Tabla 48. Prueba de normalidad de los parámetros fisicoquímicos	60
Tabla 49. Prueba de correlación de Pearson de los parámetros fisicoquímicos	61
Tabla 50. Prueba de correlación de Spearman de los parámetros	62
Tabla 51. Prueba de normalidad de los parámetros físicos	64
Tabla 52. Prueba de correlación de Pearson de los parámetros físicos	65
Tabla 53. Prueba de correlación de Spearman de los parámetros físicos	66
Tabla 54. Prueba de normalidad de los parámetros biológicos.....	67

Tabla 55. Prueba de correlación de Spearman de los parámetros biológicos	68
Tabla 56. Prueba de normalidad de los parámetros inorgánicos	69
Tabla 57. Prueba de correlación de Spearman de los parámetros inorgánicos	70

Índice de figuras

Figura 1. El modelo de la estructura del óxido de grafeno de Lerf - Klinowski	4
Figura 2. Difracción de rayos X	6
Figura 3. Flujograma del procedimiento de la investigación.....	24
Figura 4. Ubicación del área del muestreo del agua	25
Figura 5. Diagrama de flujo de la obtención del óxido de grafeno	35
Figura 6. Resultados de la difracción de rayos X	41
Figura 7. Diagrama de flujo del diseño del tratamiento	43
Figura 8. Terminal de Huarmey.....	88
Figura 9. Extracción y tabulación de la muestra inicial.....	88
Figura 10. Muestra exportada para el laboratorio	89
Figura 11. Medición insitu del pH en el río Huarmey.....	89
Figura 12. Resultados del laboratorio Envirotest.....	90
Figura 13. Extracción de la primera muestra.....	91
Figura 14. Extracción de la segunda muestra	91
Figura 15. Extracción de la tercera muestra.....	91
Figura 16. Medición del largo del río Huarmey.....	92
Figura 17. Medición del ancho del río Huarmey.....	92
Figura 18. Pilas recicladas	93
Figura 19. Desenvolvimiento de las pilas	93
Figura 20. Extracción de grafito	93
Figura 21. Grafitos en físico	94
Figura 22. Grafitos triturados con el mortero de losa	94
Figura 23. 4g del óxido de grafeno.....	95
Figura 24. 8g del óxido de grafeno.....	95
Figura 25. 12g del óxido de grafeno.....	96

Figura 26. Ácido sulfúrico.....	96
Figura 27. Ácido clorhídrico.....	97
Figura 28. Permanganato de potasio	97
Figura 29. Peróxido de hidrógeno	98
Figura 30. Reacción del reactivo.....	98
Figura 31. Obtención del OG para la dosis 0.5%	99
Figura 32. Óxido de grafeno en decantación	99
Figura 33. Solicitud del laboratorio INKALLOYS para el análisis de OG.....	100
Figura 34. Cotización para el análisis de óxido de grafeno	101
Figura 35. Notificación del análisis de óxido de grafeno	102
Figura 36. Reporte del ensayo por DRX	103
Figura 37. Resultado del análisis del óxido de grafeno	104
Figura 38. Los tratamientos sin óxido de grafeno	105
Figura 39. Los tratamientos con óxido de grafeno	105
Figura 40. Primera etapa.....	106
Figura 41. Segunda etapa.....	106
Figura 42. Tercera etapa.....	107
Figura 43. Primer reactivo para el parámetro OD	107
Figura 44. Reacción del primer reactivo para el parámetro OD	108
Figura 45. Segundo reactivo para el parámetro OD.....	108
Figura 46. Reacción del primer reactivo para el parámetro OD	109
Figura 47. Tercer reactivo para el parámetro OD.....	109
Figura 48. Reacción del tercer reactivo para el parámetro OD	110
Figura 49. Reacción del tercer reactivo para el parámetro OD	110
Figura 50. Agente almidón utilizado en el parámetro OD.....	111
Figura 51. Indicador sodio tiosulfato utilizado en el parámetro OD	111
Figura 52. Equipo multiparametro	112

Figura 53. Medición de la temperatura.....	112
Figura 54. Equipo de turbidez	113
Figura 55. Solicitud de validación de los instrumentos para el 1 experto	114
Figura 56. Validación de la ficha 1 por el 1 experto	115
Figura 57. Validación de la ficha 2 por el 1 experto	116
Figura 58. Validación de la ficha 3 por el 1 experto	117
Figura 59. Validación de la ficha 4 por el 1 experto	118
Figura 60. Solicitud de validación de los instrumentos para el 2 experto	119
Figura 61. Validación de la ficha 1 por el 2 experto	120
Figura 62. Validación de la ficha 2 por el 2 experto	121
Figura 63. Validación de la ficha 3 por el 2 experto	122
Figura 64. Validación de la ficha 4 por el 2 experto	123
Figura 65. Solicitud de validación de los instrumentos para el 3 experto	124
Figura 66. Validación de la ficha 1 por el 3 experto	125
Figura 67. Validación de la ficha 2 por el 3 experto	126
Figura 68. Validación de la ficha 3 por el 3 experto	127
Figura 69. Validación de la ficha 4 por el 3 experto	128
Figura 70. Solicitud del laboratorio de la UNI para el análisis del agua	129
Figura 71. Resultado del análisis inicial del agua y del grafito	130
Figura 72. Resultado del parámetro fisicoquímico y físico de la primera etapa	131
Figura 73. Resultados de los parámetros de la primera y segunda etapa	132
Figura 74. Resultados de los parámetros de la segunda etapa	133
Figura 75. Resultados de los parámetros de la tercera etapa.....	134
Figura 76. Resultado del parámetro biológico e inorgánico de la tercera etapa.....	135
Figura 77. Porcentaje de similitud del Turnitin	136

Resumen

Actualmente, la contaminación hídrica es uno de los problemas de mayor interés de investigación en diferentes países del mundo debido a que el agua es un recurso vital que permite al ser vivo subsistir, pues desde hace muchas décadas las industrias han provocado una alternación nociva en los recursos naturales. Sin embargo, existen diversos factores naturales que en conjunto producen consecuencias nefastas sobre el ser vivo y el ambiente. Siendo así, esta investigación determinó la eficiencia del óxido de grafeno para remover Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey. El óxido de grafeno (OG) se fabricó mediante el método de Hummers y se caracterizó mediante la técnica de difracción de rayos X (DRX). Para la remoción de plomo y cobre se trabajó en tiempos de 7, 14 y 21 días, con dosis de 0.5%, 1% y 1.5% de OG por cada tiempo trabajado. Los mejores resultados se presenciaron en el tiempo de 21 días, con remociones de 99.78% de Pb y 99.88% de Cu, para las dosis de 0.5%OG. Finalmente, se concluyó que el OG es un método eficiente para remover Pb y Cu en aguas contaminadas, y podría ser utilizado como una alternativa eco-amigable.

Palabra claves: eficiencia, óxido de grafeno, remoción, plomo, cobre.

Abstract

Currently, water pollution is one of the problems of greatest research interest in different countries of the world because water is a vital resource that allows living beings to subsist, since for many decades industries have caused a harmful change in natural resources. However, there are several natural factors that together produce harmful consequences on living beings and the environment. Thus, this research determined the efficiency of graphene oxide to remove Pb and Cu present in the waters of the Huarmey River. The graphene oxide (GO) was fabricated using the Hummers method and characterized using the X-ray diffraction (XRD) technique. For the removal of lead and copper, we worked at times of 7, 14 and 21 days, with doses of 0.5%, 1% and 1.5% of GO for each time worked. The best results were obtained in the 21-day period, with removals of 99.78% of Pb and 99.88% of Cu, for doses of 0.5%OG. Finally, it was concluded that OG is an efficient method to remove Pb and Cu in contaminated water, and could be used as an eco-friendly alternative.

Keywords: efficiency, graphene oxide, removal, lead, copper.

I. INTRODUCCIÓN

El sector minero, en muchas partes del mundo, representa una fuente importante de ingresos en la economía de un país; sin embargo, esta ha generado uno de los principales problemas que afectan a la sociedad. Debido, a la exposición de los metales excavados, siendo un agente nocivo que interrumpe y modifica la composición de un recurso natural, como el agua que ocasiona una alteración en la estructura y funcionamiento del ecosistema.

El recurso hídrico es el más perjudicado por la industria minera, ya que esta actividad provoca una serie de impactos que no se pueden revertir. El agua es un recurso natural limitado cuya vulnerabilidad refleja una preocupación mundial, puesto que esta fuente vital proporciona una condición especial para la salud y el bienestar humano. Así mismo, las fuentes naturales como los ríos, los lagos y las lagunas nacen desde las montañas más altas, que son lugares donde también se presencia las explotaciones mineras y se realiza el proceso de extracción mineral, por la cual estas aguas quedan expuestas a contaminarse de metales pesados, así como también la salubridad de la producción agropecuaria que abastece a la población (Larios et al, pág. 12, 2015).

Además, El gobierno de la Rioja indicó que los metales pesados son sustancias contaminantes que se encuentran en la naturaleza, de manera que poseen un peso molecular alto y tienden a bioacumularse. El problema ambiental por metales pesados se debe a su efecto que perjudica a la flora, la fauna y en especial a la salud, provocando una lesión celular (párr.2-3, 2016).

Ante ello, la Organización Mundial de la Salud difundió una nómina de diez agentes contaminantes nocivos para la salud pública, pues se ha evidenciado que el nivel de riesgo tiene relación con la concentración de metales pesados presentes en las aguas de consumo humano, identificando a las actividades mineras e industriales como las principales fuentes de contaminación. Esta lista de productos contaminantes la integran el plomo, cadmio, mercurio y arsénico (OMS, 2019).

Particularmente, un caso nacional se dio en Huarmey en la región de Ancash, según el diario RPP noticias, cuando la autoridad nacional del agua (ANA) reveló que en la cuenca de Huarmey, se registró metales pesados como el plomo, cobre zinc, arsénico, etc. fuera del rango que establece el ECA y afirma que es debido a las fugas de relaves producto de las mineras que han contaminado el río Huarmey, provocando un impacto negativo que afectarían la agricultura y más aún daños en la salud de la población. Ya que estas aguas no son aptas para el consumo humano pues puede causar diarreas, dolores estomacales, dolores de cabeza, entre otros. En última instancia, esta investigación busca dar a conocer el grado de contaminación por metales pesados en aguas contaminadas provenientes de actividades mineras.

Por ello, la investigación formula como problema general: ¿Qué tan eficiente es el óxido de grafeno para remover Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey, 2020? y como problemas específicos: ¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos, físicos y biológicos iniciales y finales del río Huarmey?; ¿Qué técnicas se utilizan para caracterizar al grafito y óxido de grafeno?; ¿Cuál es la dosis óptima del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu?

La investigación se focaliza en la contaminación hídrica, del cual produce un cambio drástico de la calidad del agua debido a la presencia de diversos agentes que lo desequilibran (Anta, 2019). Por ello, La Justificación social de la investigación busca el beneficio de un tratamiento práctico y factible del agua para que la población de Huarmey pueda entender el procedimiento y pueda establecerlo en sus cultivos. Por otra parte, en la justificación ambiental de la investigación tiene como finalidad aplicar un material ambientalista a base de óxido de grafeno proveniente del grafito, ya que se caracteriza por ser un buen absorbente y por ello, se utilizará para reducir las concentraciones de Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey y así mejorar la calidad del agua y minimizar el impacto negativo. Según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (2017, pág. 18), en la categoría 3 titulado riego de vegetales y bebida de animales, el estándar de calidad ambiental de la concentración del Pb y Cu son 0.0025 mg/l y 0.1 mg/l respectivamente. Por ello, se propone remover estos metales a través del óxido de grafeno obtenido mediante el método de Hummers, buscando la eficiencia del óxido de grafeno considerando el

tiempo y la cantidad de adsorción. Así mismo, en la justificación económica de la investigación se visualiza la extracción del grafito a través de las pilas reciclables, que son materiales de bajo costo y de fácil accesibilidad. Por lo que es de manera económica y viable para reducir los contaminantes en excesos y dañinos para la salud.

Considerando los problemas propuestos de la investigación, se obtuvo como objetivo general: Determinar la eficiencia del óxido de grafeno para remover Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey, 2020 y como objetivos específicos: Determinar los parámetros fisicoquímicos, físicos y biológicos iniciales y finales del río Huarmey; Caracterizar al grafito por el método ASTM y al OG por difracción de rayos x; Determinar la dosis óptima del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu.

Además, se formuló la siguiente hipótesis general: Es eficiente el óxido de grafeno para remover Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey, 2020 y como hipótesis específicas: Los parámetros fisicoquímicos, físicos y biológicos iniciales y finales del río Huarmey se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental; Las técnicas utilizadas para caracterizar al grafito y OG son fundamentales para determinar la particularidad y estructura del material; La dosis óptima del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu depende de la etapa de tratamiento.

II. MARCO TEÓRICO

El **óxido de grafeno** es un material bidimensional y anfifílico, considerado como grafeno funcionalizado con grupos oxigenados (Ortega, 2018, párr. 1). Este material aún no tiene una estructura definida, pero se aceptó el modelo de Lerf - Klinowski, como se muestra en la Figura 1.

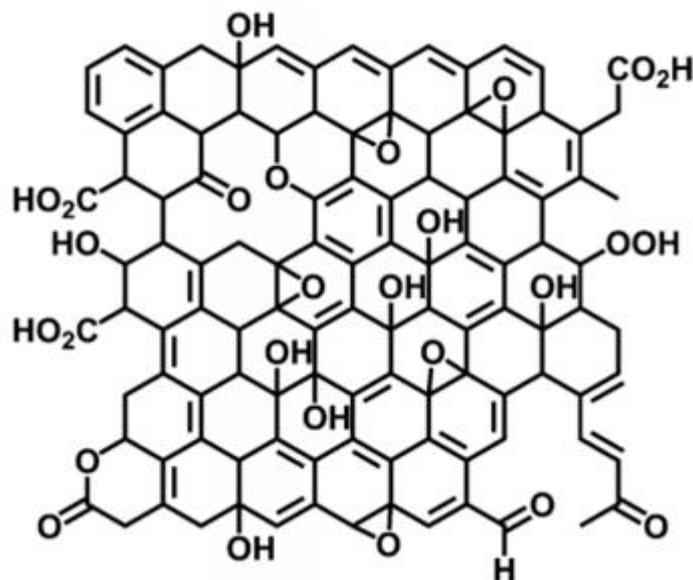


Figura 1. El modelo de la estructura del óxido de grafeno de Lerf - Klinowski (Zolezzi, 2017, pág. 21)

En la Figura 1, se observó que el material se encuentra conformada por dos áreas diferenciables, una de las áreas está levemente conformada por carbono con hibridación sp^2 y la otra área está extremadamente oxidada de carbonos con hibridación sp^3 (Zolezzi, 2017, pág.21).

La gran **ventaja del óxido de grafeno** es porque tiene áreas hidrofílicas, como los carboxilos y las especies oxidadas captan especies hidrofílicas a causa de los puentes de hidrógeno, interacciones electrostáticas e interacciones ácido de Lewis y las áreas hidrofóbicas, como los carbonos con hibridación que son segmentos aromáticos logran interactuar con las especies hidrofóbicas mediante la interacción $\pi-\pi$ o interacción aromática. Cuando el material se encuentra en pH alto es

hidrofílico y si disminuye el pH, incrementa la hidrofobicidad volviéndolo anfifílico (Zolezzi, 2017, pág. 22). Las técnicas para **obtener óxido de grafeno** pueden ser mediante las metodologías de Brodie, de Staudenmair o de Hummer.

La caracterización del óxido de grafeno se determina con distintas técnicas como microscopio electrónico de barrido (MEB), espectroscopía Raman, microscopio electrónico de transmisión, difracción de rayos x, espectroscopía absorción atómica (AA), fluorescencia de rayos x, fuerza de atómica, espectroscopía Infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). Sin embargo, los más usados son:

El microscopio electrónico de barrido (SEM) consiste en proyectar un haz de electrones a una sonda provocando que escanee la parte superficie de la muestra. Los datos recogidos producen una imagen topografía de la superficie muestral, semejante a 3 dimensiones. Existen dos radiaciones provenientes de la interacción del haz y la muestra son los electrones secundarios y los electrones retrodispersados, la potencia de las dos radiaciones varía por el ángulo que se forma entre el haz incidente y la superficie muestral. La señal resultante es recogida a través de un detector, se amplifica y se analiza la imagen topográfica obtenida (Poma, 2017, pág. 31). Por otro lado, la **espectroscopía absorción atómica (AA)** determina las concentraciones de elementos contenidos en una muestra. Consiste en absorber la radiación de una determinada longitud de onda, es decir la absorción de la radiación es seleccionada por átomos con niveles de energía, del cual la diferencia de la energía pertenece a los fotones incidentes (Poma, 2017, pág. 34). En cambio, en la **espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)**, pasa por la muestra, esta absorbe una porción de la radiación infrarroja y la otra porción lo transmite hacia un sensor detector. La señal espectral resultante es representada como la huella digital de la muestra. Dado que cada molécula o sustancia química origina una huella espectral (Bradley, párr. 2). Por otra parte, **la difracción de rayos X (DRX)** es un fenómeno físico que consiste en la activación de un espectro, produciendo que el cátodo lance un rayo de luz (rayo de incidencia) a los cristales mostrados como líneas horizontales que pasan por los centros dispersores provocando una difracción al interaccionar los rayos X, cumpliendo así la ley de Bragg. Tal como se muestra en la Figura 5:

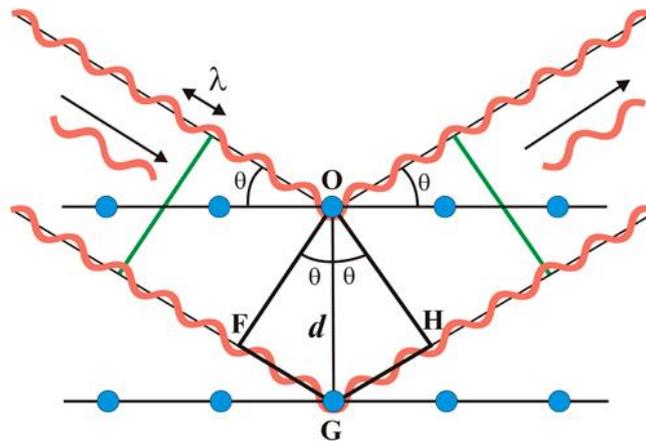


Figura 2. Difracción de rayos X

Para conocer la **calidad** del óxido de grafeno se debe analizar primero las características del carbón o coque, según american society for testing and materials (ASTM) utilizan tres parámetros como la humedad, material volátil y ceniza para evaluar la calidad del carbono y para el análisis aproximado se utiliza la humedad, material volátil, ceniza y carbono fijo. A continuación, se detalla cada parámetro:

- Humedad (H%), según el código D-2216 de ASTM, se utiliza para determinar la cantidad de humedad del material. Teniendo una relación entre la masa del agua con respecto a las zonas porosas de la masa sólida del material.
- Material volátil (MV%), según el código D-3175-2015 de ASTM, se utiliza para identificar el rango del carbón y para establecer el rendimiento del carbón o coque, además se identifica los productos gaseosos del material como el metano, hidrocarburos, hidrógeno, monóxido de carbono y gases incombustibles como nitrógeno y dióxido de carbono.
- Ceniza (C%), según el código D-5142-2015 de ASTM, se utiliza para determinar la cantidad de ceniza producida en los procesos de combustión y en el procedimiento de limpieza del carbón.

- Carbono fijo, según el código D-3172-2015 de ASTM, se utiliza para establecer la eficiencia de los equipos en la formación del carbón en la coquización y en la indicación de su rendimiento del carbón o coque.

- Poder calorífico, según el código D-5865-2015 de ASTM, se utiliza para calcular la capacidad calorífica total del carbón, además se evalúa la eficiencia de los beneficios, como también determina el contenido de azufre para establecer el cumplimiento con las condiciones establecidas para los combustibles industriales.

El material a base del carbono son unos de los adsorbentes más practicados debido a su porosidad, alta eficiencia, total disponibilidad, viabilidad y por la superficie (Wang, 2016, pág. 1). Además, **La cantidad adsorbida**, “depende de 3 factores importantes como la naturaleza, el tratamiento con la superficie del adsorbente y de la naturaleza de la sustancia adsorbida. Además, al incrementar la superficie del adsorbente y la concentración del adsorbato, va en aumento la cantidad adsorbida” (Andrade, 2015 citado por Vilcapoma, 2019, pág. 6).

En el caso del **porcentaje de eficiencia de remoción**, se expresa mediante la diferencia de las concentraciones, entre la concentración pre-tratada y la concentración post-tratada, sobre la concentración inicial que sería la muestra pre-tratada, multiplicado por cien (Wei et al, 2019, pág. 3). A continuación, se expresará la fórmula para determinar la eficiencia, a través de las concentraciones de los metales a tratar.

$$\% \text{ Remoción} = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

Además, **los metales pesados** se diferencia de los otros elementos de la tabla periódica debido al peso atómico, número atómico, densidad o gravedad específica siendo mayor a 5 g/cm^3 y su **toxicidad** produce consecuencias nefastas sobre un ser vivo y que comienza con la exposición natural de estos metales y la disponibilidad en la que se encuentra en el ambiente, los contaminantes más tóxicos son el plomo y el cobre (Wang et al, 2018, pág. 1). Por lo cual, se mencionará los metales pesados de interés para esta investigación:

El plomo (Pb) es un metal pesado de color azulado que al tener contacto con el agua adquiere un color gris mate (Velasquez, 2018). Debido a que no es biodegradable, su persistente presencia y su alta toxicidad provoca daños crónicos en los seres vivos y al medio ambiente (Wei et al, 2019, pág. 1). Este contaminante al estar expuesto puede provocar debilidad muscular, alucinaciones, dolores, mareos, insomnios, daño renal, entre otros (Shahzad et al, 2017, pág. 1). En cambio, **el cobre (Cu)** es de coloración rojiza que se encuentra presente en el medio ambiente, no obstante, este se exhibe en niveles bajos (Velasquez, 2018). Además, al estar expuesto a altas concentraciones puede provocar efectos nocivos a la salud, como por ejemplo convulsiones, calambres, enfermedad gastrointestinal, náuseas, irritación de la nariz y los ojos o hasta la muerte (Shahzad et al, 2017, pág. 1).

Sin embargo, estos metales son vertidos al medio ambiente, de tal modo que, al tener contacto directo con el agua perjudica al ser vivo que depende de este recurso natural. Modificando su calidad y su característica del agua; como los parámetros fisicoquímicos, físicos y biológicos:

Parámetros Fisicoquímico:

- El potencial de hidrógeno, es un indicador de la concentración de los iones hidronios [H_3O^+], que se basa en determinar o medir la acidez o alcalinidad de una solución. Posee un rango que va desde el 0 hasta el 14 siendo el valor neutro el 7 y los valores de 0 a 6 indican la acidez del compuesto mientras que la escala de 8 a 14 presencian la alcalinidad del compuesto (Romero y Mejillón, 2018, pág. 63). Este parámetro influye en la capacidad de adsorción, debido a que altera en la carga superficial de los absorbentes y a los grupos

iónicos de los metales pesados (Jun, 2019, pág. 87).

$$pH = -\log[H^+] \dots\dots\dots (2)$$

- La temperatura, es el nivel de grado del calor emitido por la materia o cuerpo, esto se origina debido a que la energía cinética es directamente proporcional a la energía térmica. Además, determina otras propiedades como la viscosidad, la solubilidad de los gases y sales, etc. (Alemán y Neyra, 2018, pág.19).
- El potencial de redox, se ocasiona cuando se gana o pierde electrones. Además, este parámetro manipula los procesos químicos y manifiesta las alteraciones de las propiedades del cuerpo de agua. Cuando el Eh es alto indica prioridad hacia la oxidación, en cambio cuando el Eh es bajo indica prioridad hacia la reducción (Alemán y Neyra, 2018, pág.19).
- La conductividad eléctrica, mide la capacidad de los iones que conducen corriente eléctrica debido a una propiedad que poseen las soluciones acuosas. La solubilidad de las sales en el agua depende de la temperatura, por lo que la conductividad varía en conformidad con la temperatura del agua (Solís et al., 2018, pág. 36).
- La turbidez, mide la concentración total de las partículas suspendidas, visualizando el grado de transparencia del cuerpo de agua (Shahzad et al., 2018, pág. 6).

Parámetros Físicos:

- Los sólidos totales, mide la cantidad de partículas disueltas y suspendidas localizados en el agua. Además, el resultado del proceso depende de la temperatura y la desecación (Argandoña y Macías, 2013, pág. 33).
- Los sólidos disueltos, mide la cantidad de partículas disueltas, conformada por sales inorgánicas y materia orgánica disueltas en el cuerpo de agua

(Argandoña y Macías, 2013, pág. 34).

- Los sólidos suspendidos totales, son un conjunto de sólidos con sedimentación muy baja, conformados por partículas inorgánicas (arcilla y limo) y partículas orgánicas (microorganismos y restos vegetales). Además, se encuentra relacionado con la turbidez y si se encuentran en exceso desfavorecen la realización de la actividad fotosintética (Gordón, 2017, pág. 8).

Parámetros biológicos:

- El oxígeno disuelto, es la medición de la cantidad del oxígeno en el agua. Se toma como valor referencial el 100% de saturación del oxígeno de la atmosfera (Alemán y Neyra, 2018, pág.21).
- La demanda química de oxígeno, es el proceso de oxidación química de la materia orgánica para medir la ración de oxígeno disuelto consumido. Los reactivos oxidantes son el dicromato potásico o permanganato potásico. Además, se mide los compuestos orgánicos y las sales oxidables (Argandoña y Macías, 2013, pág. 36).
- La demanda biológica de oxígeno, es el proceso de oxidación microbiológica de la materia orgánica para medir la ración de oxígeno disuelto consumido. La duración del proceso es de cinco días. Este procedimiento se establece en la oscuridad para prevenir contacto con la energía del ecosistema, evitando la producción de la fotosíntesis que genera oxígeno inexistente en la muestra (Argandoña y Macías, 2013, pág. 37).

Sin embargo, existen normas y medidas que conservan los recursos naturales, como el ECA, que se encarga de evaluar las concentraciones de las sustancias, elementos o los parámetros ubicados en el recurso como el agua, aire o suelo con la finalidad de no alterar, deteriorar o perjudicar al mismo ambiente, ni a la salud. A continuación, en la Tabla 1 se muestra los ECAs establecidos por el MINAM.

Tabla 1. Categoría 3 riego de vegetales y bebida de animales

Estándares de Calidad Ambiental del agua				
Parámetros		Unidad	Riego de vegetales	Bebida de animales
Fisicoquímicos	Temperatura	°C	Δ3	Δ3
	pH	0 - 14	6.5 a 8.5	6.5 a 8.4
	Potencial redox	mV	-	-
	Conductividad eléctrica	$\mu S / cm$	2500	5000
	Turbidez	NTU	-	-
Físicos	Sólidos totales	mg/l	-	-
	Sólidos disueltos	mg/l	-	-
	Sólidos suspendidos totales	mg/l	-	-
Biológicos	DQO	mgO_2 / l	40	40
	DBO	mgO_2 / l	15	15
	OD	mgO_2 / l	≥ 4	≥ 5
Inorgánicos	Plomo	mg/l	0.05	0.05
	Cobre	mg/l	0.2	0.5

Para informar sobre las variables del presente estudio, del cual se investigó minuciosamente varios antecedentes que se encuentran relacionados directa e indirectamente, tanto nacional como internacional:

Cortinez (2018) preparó y caracterizó el papel de óxido de grafeno y el papel de óxido de grafeno con quitosano para disminuir el azul de metileno, del cual los resultados con respecto a la adsorción del colorante catiónico azul de metileno fueron de 370.4 mg/g, 322.6 mg/g y 103.1 mg/g para el papel de OG, polvo de OG y papel de OG/con quitosano, respectivamente. Se concluyó que para el azul de metileno es mejor utilizar el papel de óxido de grafeno por la cantidad de adsorción y el papel de óxido de grafeno con quitosano es mejor usar para los ensayos

microbiológicos, debido a que presenta masa por los híbridos. Mientras que, Zolezzi (2017) comparó la capacidad de dos óxidos de grafeno con diferentes grados de oxidación para remover los contaminantes solubles y particulados. Los resultados de la capacidad máxima de absorción del azul de metileno con Óxido de grafeno de alto grado de oxidación (OGA) fue de 476.2 mg/g y del Óxido de grafeno de bajo grado de oxidación (OGB) fue de 312.5 mg/g y La capacidad máxima de absorción del naranja de metilo con OGA fue de 105.3 mg/g y con GOB fue de 263.2 mg/g, del cual concluyó que cuanto más aumenta el grado del óxido de grafeno aumenta la capacidad de absorción de contaminantes catiónicos, sin embargo, es negativo para los contaminantes aniónicos solubles, pero para los contaminantes particulados es positivo a causa de la presencia de grupos carboxilo.

En cambio, Hu et al. (2016) prepararon el óxido de grafeno modificado con poliamina hiperramificado multifuncional (HPA - OG) para la disminución del Pb (II) y azul de metileno. Los resultados al adsorber fueron 819.7 mg/g de Pb y 740.7 mg/g de azul de metileno, del cual se concluyó que el material diseñado es eficiente para la eliminación del Pb (II) y azul de metileno. Además, el material es reciclable debido a que se puede regenerar mediante reactivos de bajo costo. Por otro lado, Ma et al. (2018) diseñaron un nanohíbrido de óxido de grafeno modificado con β -ciclodextrina (β -CD/MOG) para minimizar Pb (II), Cu (II) y azul de metileno. Se obtuvo como resultado la adsorción de 279.21 mg/g de Pb con 82.67% de eliminación, 51.29 mg/g de Cu teniendo 82,70% de eliminación y 93.97 mg/g de azul de metileno con 46.89% de eliminación. Por ello, se concluyó que el nanohíbrido tiene las condiciones y propiedades apropiadas para adsorber los contaminantes, debido a que el óxido de grafeno es eficiente como medio de adsorción de metales.

Duarte (2016) evaluó el efecto del pH del óxido de grafeno sobre la capacidad de adsorción de aguas contaminadas con arsénico, obteniendo como resultado que el As III fue la mejor adsorbida en pH 3 con una capacidad y porcentaje de adsorción de 0.091 mg/g y 57% respectivamente. Se concluyó que el óxido de grafeno tiene una mayor capacidad de adsorción para As (III) que para el As (V). Por otro lado, Ramos (2018) sintetizó, funcionalizó y explicó los mecanismos de adsorción que gobiernan los sistemas conformados por nanopartículas magnéticas en solución

acuosa. Cuando el OG actuó incrementó un valor de 83 mg/g a 110 mg/g para As (III) y de 90 a 127 mg/g para As (V), respectivamente. Por ello, concluyó que la eficiencia de remoción fue de 65 % para el As (III) y de aprox. 99.9 % para el caso del plomo y cobre, por tal motivo se considera como gran utilidad para procesos de remediación ambiental.

Gonçalves et al. (2019) fabricaron filtros basados en óxido de grafeno para ejecutarlo en el tratamiento de aguas subterráneas contaminadas. Los resultados fueron 277 µg/L de cobre, 24 µg/L de cromo y 10.7 µg/L de sodio. Por lo que, se concluyó que los procesos de filtración de nanomateriales a base de óxido de grafeno promueven o mejoran las técnicas de remediación ambiental de las aguas subterráneas. También, Mejillón y Romero (2018) construyeron un filtro de barro compuesto de arcilla roja, óxido de grafeno y nanopartículas de plata para retener los metales pesados y microorganismos presentes en el agua cruda. Los filtros con recubrimiento de óxido de grafeno al 0.3% tuvo una retención de cadmio del 0.0005 mg/L, cromo 0.020 mg/L y remoción de Coliformes fecales < 1.8 NMP/100 ml y los filtros con 0.5 % de óxido de grafeno tuvo una remoción de cadmio 0.0004 mg/L, cromo 0.013 mg/L y remoción de Coliformes fecales < 1.8 NMP/100ml. Del cual, se concluyó que el segundo filtro removió más el cromo y cobre, además se redujo la cantidad de Coliformes totales presentes en el agua cruda.

Hong shan Ren et al. (2019) diseñaron un compuesto magnético de nano- Fe_3O_4 /trietanolamina/OG (TEA-OG- Fe_3O_4). Los resultados de la capacidad de adsorción fueron 121.5 mg/g Pb^{2+} y 68.7 mg/g Cu^{2+} en diferentes muestras. El compuesto TEA-OG- Fe_3O_4 tiene un proceso de autocalentado y tiene propiedades magnéticas, haciéndolo más factible en adsorber el Cu y Pb, además se puede recuperar con equipos magnéticos. En cambio, Shahzad et al. (2017) prepararon un nanocompuesto de óxido de grafeno magnético funcionalizado y ácido etilendiaminotetraacético (EDTA - MCS/OG) para remover los metales pesados de las aguas residuales, obteniendo como resultados la capacidad de adsorción de 206.52 mg/g de Pb, 207.26 mg/g de Cu y 42.75 mg/g de As. Del cual, concluyeron que el material derivado del OG es eficiente para la descontaminación de las aguas residuales con metales pesados. Por otra parte, Wang et al. (2016) también, se

dedicó a la eliminación eficiente de los iones metálicos de Cu (II) y Pb (II) con ácido tartárico y óxido de grafeno (OG - TA), se obtuvo como resultado la máxima adsorción de 374.53 mg/g de Cu (II) y 125.63 mg/g de Pb (II). Por lo que, concluyó que el ácido tartárico con el óxido de grafeno (OG - TA) tiene una absorción rápida, determinándolo muy eficiente para eliminar la contaminación con metales pesados.

Gordon (2017) aplicó el compósito goethita/óxido de grafeno reducido para remover Pb de aguas contaminadas. Los resultados de la capacidad de adsorción fueron de 277.78 mg/g para el compósito 2 que se preparó con 0.80 mg/ml de OG, 200 mg/g para el óxido de grafeno reducido y 138.89 mg/g para el compósito 1 en el cual se empleó 0.20 mg/ml de OG. Por lo que, se concluyó que los compuestos sintetizados de compósitos manifestaron buena capacidad de adsorción de Pb²⁺. Además, el compósito 2 resultó tener mayor capacidad de adsorción y económicamente de bajo costo. De igual manera, Byung-Moon Jun et al. (2019) usaron OG con una superficie de 9.8 m²/g y Marco Organometálico (MOF) con una superficie de 629 m²/g para eliminar el Pb (II) del agua contaminada. Teniendo como resultados de la capacidad de máxima absorción de equilibrio fueron 555 mg/g de Pb (II) usando OG y 108 mg/g Pb (II) usando MOF, siendo el porcentaje de eliminación del Pb(II) 98.5% y 27.8% respectivamente. Por ello, se concluye que el OG captó más Pb (II) que el MOF, debido a la repulsión eléctrica y la capacidad adsorción incrementa junto con el aumento de la concentración inicial siendo de proporción directa.

Li et al. (2015) fabricaron el óxido de grafeno con sílice mesoporosa (OG - SBA - 15) para disminuir Pb (II), del cual obtuvieron como resultado una capacidad de adsorción de 255.10 mg/g de Pb (II) teniendo 99 % de adsorción en un pH 5; por lo que, se determina que el material es eficientemente absorbente de Pb (II). Sin embargo, Poma (2017) sintetizó compuestos con óxido de grafeno reducido, utilizando diatomita y ferrita natural con capacidad de adsorción del plomo. Los resultados que se obtuvo del adsorbente óxido de grafeno con diatomita y óxido de grafeno con ferrita fue de 0.21 ppm y 1.15 ppm de Pb, respectivamente. Por último, se sintetizó óxido de grafeno y se comparó la diatomita-rOG con ferrita-rOG; siendo la diatomita-rOG un agente ideal para la eliminación de contaminantes removiendo un 99% aproximadamente; en cambio, la ferrita removió un 98% aproximadamente.

Por otra parte, Wei et al. (2019) utilizaron el óxido de grafeno con atapulgita (ATP) en la superficie del OG teniendo una estructura de aguja plana para disminuir la contaminación de Pb y mejorar más la eficiencia de la adsorción. En la muestra se usó 0.3 mg/ml del óxido de grafeno con atapulgita y 150 mg/L de Pb (II), luego se analizó en un espectrofotómetro de absorción atómica. Se obtuvo como resultado la capacidad máxima de adsorción del Pb (II) de 450.9 mg/g. Por lo que, se concluyó que el OG es altamente eficiente para disminuir los contaminantes de aguas residuales, además este material es económico y previene la pérdida del OG.

Rachel White et al. (2018) compararon la cantidad de Cu utilizando el OG y OG – COOH como adsorbentes. Usando una concentración inicial de Cu de 50 a 700 mg/L, 20 mg de OG y 26 mg de OG - COOH. Se obtuvo la capacidad máxima de adsorción de 277.77 mg/g Cu siendo 98.3 % de eliminación con el OG y 347.14 mg/g Cu siendo 99.4 % de eliminación con OG – COOH. Por lo que la eficiencia del OG y OG - COOH fue dependiente del valor del pH, concentración del Cu, el tiempo de reacción y su temperatura. En cambio, Lingni Yang et al. (2016) utilizó el óxido de grafeno con $SiO_2(OG/SiO_2)$ para eliminar Cu (II) de soluciones amoniacales. El resultado de la capacidad de máxima adsorción fue de 158.9 mg/g de Cu. Por ello, que el compuesto OG/SiO_2 es altamente potencial para eliminar eficientemente el Cu de las soluciones amoniacales, debido a la afinidad de los grupos amino con respecto al Cu.

Kaur et al. (2019) utilizaron óxido de grafeno con ferrita de magnesio ($MgFe_2O_4 - OG$) para eliminar Ni (II) y Pb (II) del agua. Resultando la capacidad de adsorción máxima de 100 mg/g de Ni y 143 mg/g de Pb. Por ello, concluyó que $MgFe_2O_4 - OG$ tuvo más preferencia con el Pb que del Ni, también que la nanopartícula es eficiente para la eliminación de contaminantes metálicos en aguas industriales debido a sus propiedades magnéticas y que el óxido de grafeno elimina de forma exotérmica los contaminantes. Por otro lado, Zare et al. (2019) utilizaron en una solución acuosa 8 mg de OG con 2,2'-dipiridilamina (OG-DPA) con 20 mg/L de cada ion contaminante mediante un baño ultrasónico para adsorber Pb, Cd, Ni y Cu. Del cual, se obtuvo como resultado de máxima capacidad de adsorción de 369.749 mg/g de plomo, 257.201 mg/g de cadmio, 180. 893 mg/g de níquel y

358.824 mg/g de cobre. Por lo tanto, el material es eficiente para adsorber iones metálicos, de manera flexible y selectiva.

Cui et al. (2015) desarrollaron un adsorbente de óxido de grafeno magnético funcionalizado con EDTA para eliminar los metales pesados de la solución acuosa. En 3 muestras contenidas con Pb (II), Hg(II) y Cu(II) de 100 mg/l para cada uno con 25 ml de EDTA mOG. Se obtuvo la máxima adsorción de 508.4 mg/g de Pb (II), 268.4 mg/g de Hg (II) y 301.2 mg/g de Cu (II) de la ecuación de Langmuir. Consiguiendo que el EDTA - mOG tenga mayor rendimiento de adsorción, ya que mediante el proceso de separación magnética logra fácilmente el desprendimiento entre el sólido y líquido.

Duru et al. (2016) investigaron la eficiencia de los materiales con OG en la eliminación de Cr (VI), Cr (III), Cu (II), Pb (II) y Au (III) de soluciones acuosas. Se obtuvo como resultado la capacidad de máxima adsorción de 666.67 mg/g Cr (VI) con (PPy / α - ciclodextrina / OG), 92.65 mg/g Cr (III) con OG no funcionalizado, 588 mg/g Cu (II) con (I - Trp / OG), 1850 mg/g Pb (II) con FOG 1 y 1076.65 mg/g Au (III) con CSOG. Del cual, se concluyó que la mayor adsorción fue del Pb en comparación con los otros contaminantes, debido a que el ion del Pb tiene mayor radio iónico, electronegatividad y del valor del pH. Además, se demostró que los compuestos de OG utilizados absorben primordialmente para Cromo de (VI) y (III), Cobre, Plomo y Oro.

Bezerra (2018) sintetizó, analizó y comparó diferentes muestras de óxido de grafeno (OG) para eliminar los tintes de los efluentes textiles industriales. Los resultados demostraron que la mejor adsorción se da cuando el pH está entre 5-6, y las concentraciones de equilibrio son de 60 mg/l (muestra OG con 25 ml de H_2SO_4) y 70 mg/l (muestra OG con 23 ml de H_2SO_4), obteniendo una capacidad de adsorción máxima de 504.77 mg/g y 365.14 mg/g, respectivamente. Finalmente se eliminó el color y la turbidez del efluente textil real usando el tratamiento de adsorción con OG.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Esta investigación titulada como eficiencia del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey, 2020 fue de enfoque cuantitativo y de tipo aplicada. Según Álvarez (2016, ppt. 3) menciona que la investigación aplicada transforma los conocimientos científicos en tecnología, representando la teoría en práctica. Por lo que se usó conocimientos anteriores sobre la obtención del óxido de grafeno y mediante estas teorías proponer una solución consistente para diseñar un tratamiento para minimizar los contaminantes tóxicos. Con respecto al diseño experimental, según Martínez (2018, párr. 9) menciona que "el investigador tiene afán de verificar las consecuencias o efectos de una intervención específica". Por ello, que esta investigación fue de diseño experimental, por lo que se trató el agua contaminada con el residuo del grafito de pilas recicladas obteniéndose el óxido de grafeno que se utilizó para medir las concentraciones de Pb y Cu removidos y determinar la eficiencia de los tratamientos.

Además, esta investigación fue de nivel explicativo, por lo que buscó el acontecimiento de la absorción de los metales pesados de Pb y Cu mediante el óxido de grafeno. Debido a que Terrones (2016, párr. 1) menciona que el nivel explicativo es complejo y se requiere de mayor experiencia del investigador dando la explicación de los hechos, fenómenos o problemas de forma clara y precisa para encontrar las causas y consecuencias que lo originan.

3.2 Variables y Operacionalización

La investigación está conformada por variables tanto independiente como dependiente, tal como se muestra en la Tabla 2. En el Anexo 3 se muestra la matriz de operacionalización de variables.

Tabla 2. Tipo de Variable de Investigación

Variable Independiente	Variable Dependiente
Eficiencia del óxido de grafeno	Remoción del Pb y Cu

3.3 Población (criterios de selección), muestra, muestreo, unidad de análisis

La población del estudio fue comprendida por las aguas del río Huarmey que se encuentra ubicado en la región de Ancash a 297.70 km de Lima. Se realizó la técnica del muestreo aleatorio simple. En otras palabras, de todas las porciones de aguas presentes se extrajo algunas, ya que tienen idéntica probabilidad de ser seleccionadas todas las porciones. Se utilizaron recipientes de plásticos de propileno para obtener las muestras de agua, se enjuagó con el preservante HNO_3 , se extrajo 48 L en diferentes puntos y por último se rotuló cada recipiente. Luego se depositó las muestras en un cooler para ser llevadas a analizar en un laboratorio. En la Tabla 3 se muestra los datos obtenidos de la zona de estudio.

Tabla 3. Recolección de datos

Toma de muestra	
Ubicación	Región de Ancash
Tipo de muestra	Agua del río Huarmey
Cantidad	48 L
Fecha de muestreo	09-10-2020
Hora de muestreo	3:45 pm

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La **técnica de observación no experimental** se utilizó para describir la zona de estudio y analizar las comparaciones de resultados, ya que para Silva y Tamayo (2019, pág. 7) consiste en detallar “el comportamiento de exploración” y la **técnica de observación experimental** se utilizó para describir en la fabricación el óxido de grafeno y en la remoción de los metales, dado que es una investigación científica, el investigador manipula y controla las variables (pág. 8). Para **los instrumentos de observación no experimental** se utilizó el Ficha 1 y Ficha 4 y en **los instrumentos de observación experimental** se usó el Ficha 2 y Ficha 3. Dado que, los instrumentos de recolección de datos son elaborados para recolectar información “teniendo en cuenta los objetivos de la investigación” (Silva y Tamayo, 2019, pág. 9), estos instrumentos se encuentran en el Anexo 5. A continuación, en la Tabla 4 se muestra detalladamente los instrumentos y técnicas que se utilizaron en cada etapa:

Tabla 4. Los instrumentos y técnicas para la recolección de datos

Etapas	Fuentes	Técnicas	Instrumentos	Resultados
Ubicación de la zona de estudio	Mapa de la Región Ancash	Observación no experimental	Ficha de ubicación y protocolo de toma de muestra	Mapa de la ubicación en Google earth pro
Caracterización de la muestra inicial	Agua proveniente del río Huarmey	Observación experimental	Ficha de caracterización inicial del agua del río Huarmey	Concentración del Pb y Cu
Caracterización del grafito y obtención del óxido de grafeno	Laboratorio	Observación experimental	Ficha de caracterización del grafito y óxido de grafeno	Metodología para la obtención del óxido de grafeno
Tratamiento de remoción de Pb y Cu con dosis	Laboratorio	Observación no experimental	Ficha de remoción de Pb y Cu para cada etapa realizada	Aplicación del óxido de grafeno

de grafeno				
Análisis final de las etapas del tratamiento	Agua proveniente del río Huarmey	Observación experimental	Ficha de caracterización final del agua del río Huarmey	Concentración del Pb y Cu
Evaluación de los resultados	Gabinete	Observación no experimental	Resultados de remoción en tablas Excel y estadísticos	Porcentaje de remoción de los metales pesados

Para la validación de los instrumentos de la investigación se sacó el promedio de los 3 especialistas que evaluaron al colocar porcentaje de validez, como se muestra en la Tabla 5:

Tabla 5. Promedio de validez

Experto	Especialidad	CIP	% de validación	Promedio de Validez
Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales	Ingeniero Químico	71998	90	91.67%
Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto	Ingeniero Metalúrgico	130267	90	
Ing. Luis Fernando Mendoza Apolaya	Ingeniero Ambiental	213529	95	

Según Pérez (2014, párr. 7), a través de la fórmula estadística de alpha de Cronbach se logra medir la estabilidad de los resultados obtenidos de la investigación, por lo que en la Tabla 6 se visualiza los niveles de excelencia del coeficiente, mostrando que cuanto más cerca esté al 1 es más alto la confiabilidad.

Ecuación:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right] \dots\dots\dots(3)$$

α = Coeficiente de Alpha de Cronbach

k = El número de ítems

S_i^2 = Sumatoria de varianzas de los ítems

S_t^2 = Varianza de la suma de los ítems

Tabla 6. Criterio de Evaluación del Coeficiente de Alpha de Cronbach

Coeficiente de alpha de Cronbach	
Excelente	> 0,9
Bueno	0,9 < > 0,8
Aceptable	0,8 < > 0,7
Cuestionable	0,7 < > 0,6
Pobre	0,6 < > 0,5
Inaceptable	0,5 >

Fuente: (Pérez, 2014)

Tabla 7. Alpha de Cronbach en Excel

Expertos	Ítems										Σ puntuación del experto	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	900
2	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	900
3	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95	950
Σ Ítems	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	275	Varianza total $S_i^2 = 555.56$
VARP	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	$\Sigma S_i^2 = 55.56$
K = N° de ítems	10											
Alpha de Cronbach	1											

$$\alpha = \frac{10}{10-1} \left[1 - \frac{55.56}{555.56} \right] = 1$$

Interpretación: En la Tabla 7, se demostró el cálculo del Alpha de Cronbach (α) es 1, determinando que los instrumentos presentados tienen un elevado rango de confiabilidad. Según Pérez (2014, párr. 7), en su criterio de evaluación de coeficiente es excelente, ya que se encuentra en el rango $> 0,9$, por lo que se verifica la estabilidad y consistencia de los resultados.

Tabla 8. Alpha de Cronbach en SPSS

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
1,000	10

Interpretación: En la Tabla 8, se observó el cálculo del alfa de Cronbach en IBM SPSS siendo $\alpha = 1$. Resultando en el rango más alto de criterio de evaluación, esto indica que el instrumento es validado para la recolección de datos. Por lo que se corrobora el cálculo del alfa de Cronbach en Excel.

3.5 Procedimientos

A continuación, en la Figura 2 se presenta el flujograma general del procedimiento de la investigación:

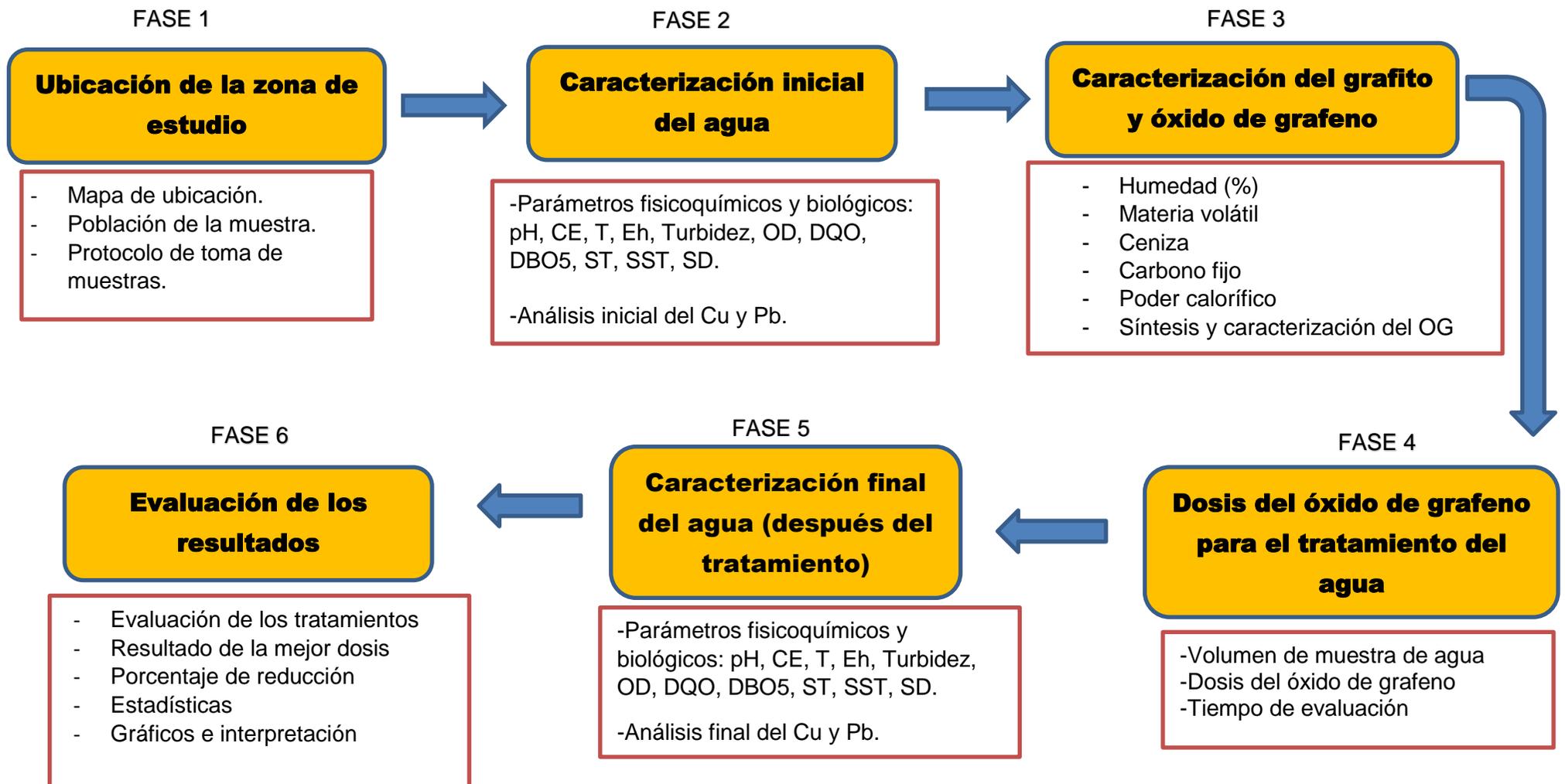


Figura 3. Flujograma del procedimiento de la investigación

A continuación, se describe las fases:

Fase 1: Identificación de la zona de estudio

La zona de estudio fue el río Huarmey a unos 500 metros de la ex hacienda mandinga en Huarmey, para obtener la muestra se procedió de acuerdo al protocolo de la calidad de los recursos hídricos superficiales de la autoridad nacional del agua, el método utilizado fue de muestra integrada debido a que se trabajó en un área de 2100 metros cuadrados, donde la primera muestra se recolectó a 50 metros agua arriba, la segunda muestra en la parte central y la última 50 metros agua abajo, se midió el ancho del río que fue de 42 metros y el largo de 50 metros. Además, se sacó las coordenadas UTM - WG84 para cada muestra. La muestra 1 se encuentra a 17 L0818979 con UTM 8886935, la muestra 2 en 17 L0818985 con UTM 8886955 y la muestra 3 se ubica a 17L 0818994 con UTM 8886978. También se midió la profundidad en cada punto de muestreo teniendo 34 cm, 38cm y 29cm, respectivamente de cada muestra.



Fuente: Google earth pro

Figura 4. Ubicación del área del muestreo del agua

Para la obtención de la muestra se basó en el protocolo de DIGESA, según los valores máximos admisibles del ministerio de la construcción del DS-010-2018.

Materiales:

- Baldes
- Botellas de polietileno
- Cooler
- Bolsas plásticas
- Jarras
- Sticker para rotular
- Papel tornasol

Equipos:

- Casco
- Respirador
- Guantes
- Botas
- Pantalón de trabajo
- Chaqueta con reflectivos

Fase 2: Caracterización inicial del agua

La muestra fue colocada en un cooler para que no existan variaciones del agua del río Huarmey y trasladada al laboratorio de la universidad nacional de ingeniería, del cual se analizó los parámetros fisicoquímicos como el potencial de hidrógeno, la temperatura, conductividad eléctrica, potencial redox, turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos, también en los análisis biológicos se midió oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno y demanda bioquímica de oxígeno, los cuales deberían estar en condiciones óptimas de un cuerpo de agua. Además, se realizó el análisis de los metales de cobre y plomo en el agua mediante la técnica de barrido en el laboratorio environmental testing laboratory S.A.C., ya que estos fueron la problemática del desarrollo de investigación. A continuación, se visualiza las ecuaciones utilizados para calcular algunos parámetros del agua:

Parámetros Fisicoquímicos:

- Temperatura: Se utilizó un termómetro para su medición. La unidad de medición utilizada fue Celsius(°C)

Tabla 9. Temperatura inicial del agua del río Huarmey

Código	Temperatura (°C)
CI - ARH	20.2

- Conductividad eléctrica: Mediante el método del potenciómetro, primero se lavó el electrodo con agua destilada, luego se transfirió un volumen de muestra en el vaso de precipitación y finalmente se introdujo el electrodo hasta el fondo del vaso con la muestra para la posterior medición. La unidad de medición utilizada es Siemens/cm (S/cm)

Tabla 10. Conductividad eléctrica inicial del agua del río Huarmey

Código	Conductividad eléctrica ($\mu S / cm$)
CI - ARH	1334

- Potencial redox (Eh): Se calculó mediante el método del potenciómetro, primero se vertió la muestra en un vaso de precipitación, se encendió el equipo para luego introducir el electrodo dentro del vaso con la muestra y posteriormente el cálculo de la medición. La unidad de medición utilizada fue mili voltios (mV).

Tabla 11. Potencial redox inicial del agua del río Huarmey

Código	Potencial redox (mV)
CI - ARH	102

- Potencial de hidrógeno (pH): Se calculó mediante el método del potenciómetro, donde primero se calibró el pH con las soluciones buffer de pH conocido. Se lavó el electrodo del pH metro con agua destilada, luego se depositó en un vaso de precipitación un volumen de la muestra, y se colocó el electrodo dentro del vaso y hasta el fondo, finalmente se encendió el potenciómetro y se midió hasta que se estabilice.

Tabla 12. Potencial de hidrógeno inicial del agua del río Huarmey

Código	Potencial de hidrógeno (pH)
CI - ARH	7.47

- Turbidez: Se llenó la célula (blanco) con agua desionizada filtrada. Luego se llenó un segundo tubo célula de ensayo en el espectrofotómetro y se calibro el instrumento a una longitud de onda de 450nm. Finalmente se colocó el segundo tubo en el espectrómetro y se midió la transmitancia a la misma longitud de onda.

Tabla 13. Turbidez inicial del agua del río Huarmey

Código	Turbidez (NTU)
CI - ARH	45.23

Parámetros Físicos:

- Sólidos totales: Se agregó 50 ml de muestra al vaso de precipitación el cual debe de estar completamente seco y tarado, luego se colocó el vaso en la estufa a 105°C y fue dejado secar hasta la desecación.

Ecuación:

$$S.T.(mg / L) = \frac{(W_{T+SS} - W_T) \times 10^6}{V_{\text{litros}}} \dots\dots\dots (4)$$

Tabla 14. Sólidos totales del agua del río Huarmey

Código	Peso del vaso seco (g)	Peso del vaso seco + muestra seca (g)	Volumen de la muestra (ml)	ST (mg/l)
CI - ARH	117.4464	117.5777	100	1313

- Sólidos disueltos: Se tomó 100ml de la muestra y filtro, luego se cogió 50ml de la muestra filtrada para pasarlo al vaso de precipitación, se colocó el vaso, previamente secado y tarado en la estufa a 103°C. Posteriormente, la muestra se dejó enfriar en el desecador, para finalmente pesarlo.

Ecuación:

$$S.D.(mg / L) = \frac{(W_{T+SS} - W_T) \times 10^6}{V_{\text{litros}}} \dots\dots\dots (5)$$

Tabla 15. Sólidos disueltos del agua del río Huarmey

Código	Peso del vaso seco (g)	Peso del vaso seco + muestra seca (g)	Volumen de la muestra (ml)	SD (mg/l)
CI - ARH	98.9222	98.9928	100	706

- Sólidos suspendidos totales: Se agitó la muestra en su envase y se tomó 100ml de su volumen, luego se vertió en un papel filtro previamente tarado. Una vez terminado el filtrado se retiró el papel filtro del embudo y fue llevado a la estufa. Se secó el papel filtro a una temperatura de 103 °C por una hora y dejó enfriar en el desecador, finalmente se pesó.

Tabla 16 Sólidos suspendidos totales del agua del río Huarmey

Código	Sólidos totales (g)	Sólidos disueltos (g)	Volumen de la muestra (ml)	SST (mg/l)
CI - ARH	1313	706	100	607

Parámetros Biológicos:

- Oxígeno disuelto: Se destapó cuidadosamente el frasco de DBO y se adiciono 1ml de solución de $MnSO_4 \cdot H_2O$ y 1 ml de yoduro-alcalina-acida. Se Tapó con un frasco verificando que no se formen burbujas de aire. Se dejó en reposo por 10 segundos y mezcló el contenido hasta que el precipitado se disperse completamente y fue dejado en reposo 10 minutos. Luego se destapó el frasco y se adicionó 1ml de ácido sulfúrico concentrado. Se Tapó cuidadosamente y agitó hasta que todo el precipitado se disuelva. El agua tomó un color ámbar, luego fue colado en un vaso de precipitación de 50 ml, para después titular con la solución de tiosulfato de sodio estándar hasta que se tornó de un color amarillo pálido. Después se adiciono 1 ml de solución de almidón y se mostró de color azul para seguir titulando hasta encontrar un valor promedio.

Ecuación:

$$OD_{mgO_2} / l = \frac{\text{Vol. gast.en la muestra} \times N \times 8000 \times \text{Vol. del Winkler}}{\text{Vol. de la muestra} \times (\text{Vol. del Winkler} - 2)} \dots (6)$$

Tabla 17. Oxígeno disuelto inicial del agua del río Huarmey

Código	OD (mgO_2/l)
CI - ARH	4.793

- Demanda química de oxígeno (DQO): Se tomó 50 ml de muestra en un matraz de reflujo de 500ml, luego se adicionó 1 g de $HgSO_4$, varias perlas de vidrio y lentamente 5 ml de H_2SO_4 cc mezclando para disolver el $HgSO_4$. Se dejó enfriar y se adicionó 25 ml de solución de $K_2Cr_2O_7$ 0.25 N, se conectó el matraz al refrigerante. Además, se adicionó 70 ml de H_2SO_4 a través de la entrada que está en la parte final del refrigerante y fue mezclado y agitado a medida que se adicionó. Finalmente se diluyó la mezcla al doble de su volumen con agua destilada y se tituló el dicromato de potasio con SFA con 3 gotas de ferroin, de color azul verde a café rojizo.

Tabla 18. Demanda química del oxígeno inicial del agua del río Huarmey

Código	DQO (mgO_2/l)
CI - ARH	320

- Demanda biológica de oxígeno: Se utilizó el método Winkler, se llenó cuidadosamente sin agitar dos botellas de DBO con la muestra sin diluir. Se tapó las botellas evitando que se formen burbujas de aire en el interior, luego se dejó reposar por 15 segundos posteriormente se realizó el mismo procedimiento para el oxígeno disuelto a diferencia de que este se dejó incubando las botellas con la muestra por cinco días a 20°C y en oscuridad.

Ecuación:

$$DBO_5 \text{ mgO}_2 / l = \frac{OD_{\text{Inicial}} - OD_{\text{Final}}}{\% \text{ Dilución}} \dots\dots\dots (7)$$

Tabla 19. Oxígeno disuelto inicial del DBO

Código	OD inicial del DBO (mgO_2 / l)
CI - ARH	6.2316

Tabla 20. Oxígeno disuelto final del DBO

Código	OD final del DBO (mgO_2 / l)
CI - ARH	3.5952

Tabla 21. Demanda biológica del oxígeno inicial del agua del río Huarmey

Código	Oxígeno disuelto inicial	Oxígeno disuelto final	% dilución	DBO (mgO_2 / l)
I - ARH	6.2316	2.6364	15	23.968

Parámetros Inorgánicos:

- Plomo (Pb): Se tomó 100ml de muestra, se agregó ácido clorhídrico después se 25 ml vertió en una fiola y se deja reposar 24 horas para ser llevado al equipo de absorción atómica.

Tabla 22. Concentración inicial del Pb

Código	(mg/l)
Pb - IRH	0.16691

- Cobre (Cu): Se tomó 100ml de muestra y se agregó ácido clorhídrico, después se vertió 25 ml en una fiola y se dejó reposar 24 horas para ser llevado al equipo de absorción atómica.

Tabla 23. Concentración inicial del Cu

Código	(mg/l)
Cu - IRH	2.435

Fase 3: Caracterización del grafito

Se reutilizó el carbón de las pilas recicladas, teniendo en cuenta que estas pilas tienen en su interior una barra de grafito, ya que es una forma alotrópica de representación del carbón. Por ello se realizó los siguientes pasos: Primero, se pulverizó el grafito con el uso de un mortero y pilón, después se tamizó con una malla de 60% - 100 para desprender las partículas más finas de las grandes, luego se caracterizó obteniendo el porcentaje de humedad (H%), porcentaje del material volátil (MV%), porcentaje de ceniza (C %), porcentaje de carbono fijo (%CF) y poder calorífico (kcal/kg). Finalmente, mediante los resultados de la caracterización se utilizó el grafito para elaborar el óxido de grafeno.

- Para la síntesis del óxido de grafeno:

Se guió de distintas investigaciones, pero con similitud de procedimiento. En la metodología de Yang et al (2016) utilizaron el método Hummers modificado mezclando 5g de grafito con 5g de NaNO_3 y 230 ml de H_2SO_4 , luego se le añadió 30g de KMnO_4 , después se le agregó 460 ml de agua desionizada y H_2O_2 al 30%, finalmente se le agregó HCl al 5% y se centrifugó. Semejante al procedimiento de White (2018) usando el método Hummers modificado al mezclar 5g de grafito con 5g de NaNO_3 y 100 ml de H_2SO_4 , luego se agregó 30 g de KMnO_4 , después se añadió 500 ml de agua desionizada para de ahí se agrega 50 ml de H_2O_2 al 30%, finalmente se le agregó HCl al 5% y se usó el equipo de ultrasonido.

De igual manera, en la investigación de Li (2015) preparó el OG usando el método Hummers modificado mezclando 2g de grafito con 2g de NaNO_3 y 92 ml de H_2SO_4 , luego se añadió 12g de KMnO_4 y 20 ml de H_2O_2 al 30%. Finalmente, se le agregó HCl de 0.1 M y se enjuagó con agua desionizada para luego colocarlo a un equipo de ultrasonido. Similar al procedimiento de Cortinez (2018) mediante el método Hummers al mezclar el ácido sulfúrico (H_2SO_4) con el permanganato de potasio (KMnO_4), del cual menciona que es comúnmente utilizado debido a que no libera gases tóxicos, sino por el contrario es ecológico (pág. 9). En el trabajo de investigación, al carbón se le agregó reactivos fuertemente oxidantes como el ácido sulfúrico al 98%, permanganato de potasio al 99%, ácido clorhídrico al 36% y peróxido de hidrógeno al 30%. Por último, se dejó reposar por un promedio de 24 horas para que decante, luego se hace el proceso de filtrado y finalmente se obtiene el óxido de grafeno. A continuación, se visualiza en la Figura 4 el diagrama de flujo de la obtención del óxido de grafeno.

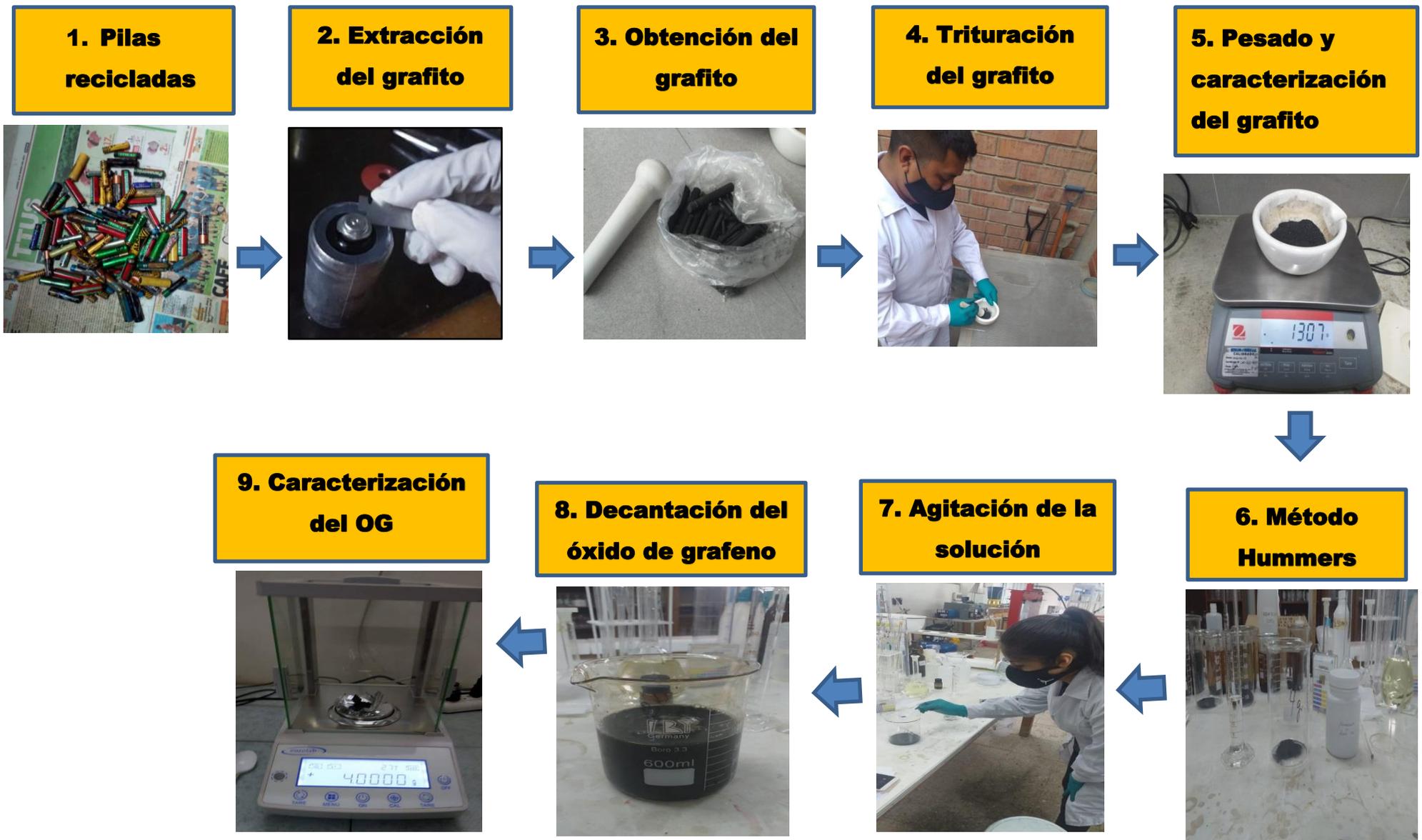


Figura 5. Diagrama de flujo de la obtención del óxido de grafeno

A continuación, se describe cada punto mencionado de la Figura 4:

1. Pilas recicladas: Estas pilas fueron recolectadas de residuos domiciliarios con previa charla de concientización, debido a ello se pudo obtener una adecuada clasificación de residuos peligrosos y una disposición final.
2. Extracción del grafito: Para este proceso se utilizó materiales como pilas, alicate, desarmador de punta plana o cutter, unos guantes, un contenedor de materiales peligrosos, ya que la pila contiene dióxido de manganeso y zinc. De esta manera resultó más fácil abrir la pila y retirar el grafito que se encontró en su interior.
3. Obtención del grafito: Se extrae el grafito de las pilas recicladas, luego se almacenó en un recipiente con un ambiente protegido.
4. Trituración del grafito: Con la ayuda de un mortero y un pilón se pulverizó el grafito que se encontraba en forma de barra, se tamizó con una malla de 60% - 100 para obtener partículas más finas.
5. Pesado y caracterización del grafito: El pesaje se realizó en una balanza analítica para registrar la cantidad de grafito que se utilizará, siendo un total de 237g. Luego se analizó las características físicas del grafito obtenido:

5.1 Porcentaje de la humedad (%H), mediante el método de ASTM D-2216, se obtuvo después de pulverizar el grafito a una malla 60% - 100, luego se pesó en una balanza analítica en una capsula de crisol, de ahí se colocó en una estufa a 105 °C por un tiempo de 2 horas, finalmente fue retirado y enfriado a temperatura ambiente para pesarlo y obtener su resultado. En la tabla 24, se muestra el porcentaje de humedad siendo 0.94%.

Ecuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{Wc + mh - Wc + ms}{Wc + mh - Wc} \times 100 \dots\dots (8)$$

Tabla 24. Resultados de la humedad del grafito

Código	Wc (g)	Wc+mh (g)	Wc+ms (g)	Wmh (g)	Humedad %
CG - INICIAL	48.5201	49.8401	49.8276	1.32	0.94

5.2 Porcentaje de materia volátil (%MV), mediante el método de ASTM D-3175-2015, se calculó después de realizar la humedad, debido a que el método es continuo. El grafito fue pesado en un crisol de porcelana especial, para este tipo de ensayo posee una tapa para impedir el ingreso del aire. El procedimiento se realizó a 900°C por 7 minutos, luego se dejó enfriar y se pesó. En la tabla 25, se muestra el porcentaje de Materia Volátil siendo 4.81%.

Ecuación:

$$\%MV = \frac{Wc + ms - Wc + mmv}{Wc + ms - Wc} \times 100 \dots\dots (9)$$

Tabla 25. Resultados de Materia Volátil del grafito

Código	Wc (g)	Wc+ms (g)	Wc+msv 900 °C x 7 minutos (g)	Wm (g)	Materia Volátil %
CG - INICIAL	28.3358	28.8844	28.8580	0.5486	4.81

5.3 Porcentaje de cenizas (%C), mediante el método de ASTM D-5142-2015, se calculó para conocer si será un buen indicador de absorción que este tenga en el proceso del tratamiento del agua contaminado con plomo y cobre. Se realizó a 900 °C por 120 minutos para que luego sea pesado. En la tabla 26, se muestra el porcentaje de cenizas siendo 17.22%.

Ecuación:

$$\%C = \frac{Wt + msv - Wt + mc}{Wt + sv - Wt} \times 100 \dots\dots\dots (10)$$

Tabla 26. Resultados de cenizas del grafito

Código	Wt (g)	Wt+msv (g)	Wt+msv 900°C x 1Hora (g)	Wm (g)	Cenizas %
CG - CI	28.3358	28.8844	28.4303	0.5486	17.22

5.4 Porcentaje de carbono fijo (%CF), mediante el método de ASTM D-3172-2015, se calculó para estimar la energía que produjo el óxido de grafeno en un proceso físico como la adsorción de algún contaminante que pueda existir en una solución. En la tabla 27, se muestra el porcentaje del carbono fijo siendo 77.97%.

Ecuación:

$$\%CF = 100 - (\%Ceniza + \%Sólidos.volatiles) \dots\dots (11)$$

Tabla 27. Resultados del carbono fijo del grafito

Código	Ceniza %	Materia Volátil %	Carbono Fijo %
CG - INICIAL	17.22	4.81	77.97

5.5 Poder calorífico (Kcal/Kg), mediante el método de ASTM D-5865-2015, se halló para saber el comportamiento del óxido de grafeno en la reducción de los metales del cobre y plomo. En la tabla 28, se muestra el porcentaje del poder calorífico siendo 6970.74%.

Ecuación:

$$PC = (FactorASTM \times \%CF) + (factorASTM \times \%SV) \dots (12)$$

Tabla 28. Resultados del poder calorífico del grafito

Código	ASTM para CF y MV	Ceniza %	Carbono Fijo %	Poder Calorífico (Kcal/ kg)
CG - INICIAL	(82), (120)	17.22	77.97	6970.74

6. Aplicación del método Hummers: Se utilizó un aproximado de 300g de grafito, también se empleó reactivos fuertemente oxidantes como 2100ml de ácido sulfúrico al 98%, 1200g de permanganato de potasio al 99% y 1500ml de ácido clorhídrico al 36%. Finalmente se agregó 1000ml de peróxido de hidrógeno al 30%, en todo el procedimiento se generó solo reacción exotérmica. En la tabla 29 se muestra los reactivos utilizados en la reacción del óxido de grafeno.

Tabla 29. Reactivos utilizados en la reacción del óxido de grafeno

Código	Peso de grafito (g)	Vol. de Ácido Sulfúrico (ml)	Vol. de Ácido Clorhídrico (ml)	Vol. de Permanganato de Potasio (g)	Vol. de Peróxido de hidrógeno (ml)
GO - S	300	2100	1500	1200	1000

7. Agitación de la solución: luego de haber agregado el ácido sulfúrico en baño frío a 8°C al vaso precipitado que contenía grafito se produce la agitación mecánica, para luego añadir el permanganato de potasio con cuidado a una temperatura de 8°C, observando una coloración verdosa para luego retirar el baño frío.
8. Decantación del óxido de grafeno: la solución que se calentó a 35°C, se dejó decantar para luego agregar agua y peróxido de hidrógeno, lo que hace que tenga un viraje de color amarillo pálido, después se filtró con una malla de 0.45 micras, se enjuagó con el agua destilada hasta llegar a un pH neutro. Finalmente, se secó en una estufa a 60°C por dos horas.

9. Caracterización del óxido de grafeno: Se caracterizó el óxido de grafeno en el laboratorio INKALLOYS utilizando la técnica de difracción de rayos X para determinar la cristalinidad del material, mediante un difractómetro de rayos X marca BRUKER AXS y modelo D8-ENDEAVOR.

En la tabla 30 se observa las condiciones de operación utilizados en el laboratorio INKALLOYS:

Tabla 30. Información experimental

Condiciones de operación		
Material	Tubo de Cu ($K\alpha_1$ -Cu)	
Longitud de onda	1.5406Å	
Rango angular de análisis	Inicio: 5°.	
	Final: 70°	
	Paso: 0.02°	
	Tiempo por paso: 0.5 seg	
Generador Rayos-X	Voltaje de salida del tubo= 40 kV	
	Corriente de salida del tubo = 30 mA.	
Muestra	1g	
Característica de la muestra	Forma	Polvo
	Color	Gris plomo
Codificación	Inkalloys Perú Cod: DXR	Óxido de grafeno
	Codificación solicitante	

Según el resultado del laboratorio INKALLOYS, la caracterización del OG se interpretó de la siguiente manera:

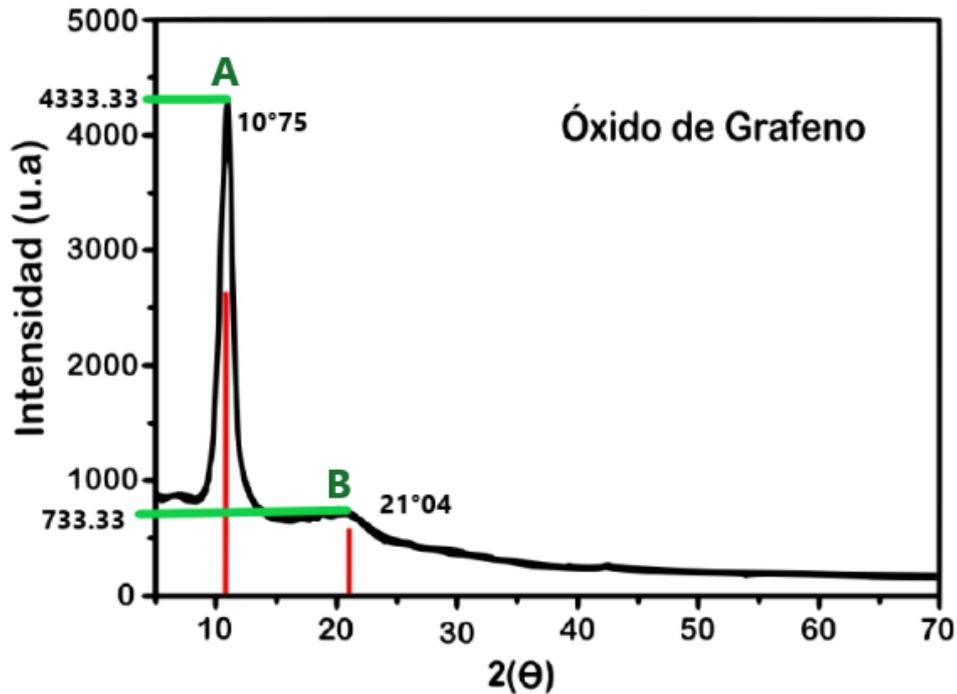


Figura 6. Resultados de la difracción de rayos X

En la Figura 6 se observó dos picos (A y B) en el difractograma de rayos x correspondientes al OG. Se presenciaron dos picos con distancias interplanares de 8.2232 Å y 4.2190 Å con ángulos de difracción de 10.75° y 21.04° de los picos A y B, respectivamente. Esto se debe a que existe una interferencia constructiva, ya que las ondas son continuas, cumpliendo la ley de Bragg. Caso contrario, si la interferencia fuese destructiva (onda discontinua) el material analizado sería cualquier otro material menos óxido de grafeno, ya que no cumpliría la ley de Bragg.

Ley de Bragg:

$$n\lambda = 2d\text{sen}\theta \dots\dots\dots(13)$$

Para el pico A:

$$n\lambda = 2d\text{sen}\theta$$

$$d = \frac{n\lambda}{2\text{sen}\theta}$$

Para el pico B:

$$n\lambda = 2d\text{sen}\theta$$

$$d = \frac{n\lambda}{2\text{sen}\theta}$$

$$d = \frac{(1)(1.5406)}{2\text{sen}(5.375)}$$

$$d = 8.2232$$

$$d = \frac{(1)(1.5406)}{2\text{sen}(10.52)}$$

$$d = 4.2190$$

Tabla 32. Cálculo de la distancia del pico A y B

Picos	2θ	θ	d (Å)
A	10.75	5.375	8.2232
B	21.04	10.52	4.2190

Fase 4: Dosis del óxido de grafeno para el tratamiento del agua

Para comenzar a remediar, primero se calculó las concentraciones de óxido de grafeno siendo 4g, 8g y 12g equivalentes a 0.5%, 1% y 1.5% de óxido de grafeno, respectivamente conforme al volumen de las muestras correspondientes. Luego se colocó en las muestras y se dejó reposar con el agua contaminada durante 7, 14 y 21 días. Finalmente, se transcurrió en un filtro las muestras del agua tratada. Tal como se muestra en la Tabla 33.

Tabla 33. Dosis del óxido de grafeno con relación al tiempo

Tiempo	Dosis del óxido de grafeno
7 días	0.5%
	1%
	1.5%
14 días	0.5%
	1%
	1.5%
21 días	0.5%
	1%
	1.5%

Siendo un total de 27 muestras, cada concentración de óxido de grafeno por el tiempo determinado en la investigación, esto quiere decir que la primera etapa se realizó 3 repeticiones de muestras con dosis de 0.5%OG, 1%OG y 1.5%OG para tener un mejor resultado de confiabilidad. En otras palabras, que en la primera etapa se realizaron 9 muestras y estas muestras se dejó actuar en un tiempo de 7 días; la segunda etapa se ejecutó el mismo procedimiento, pero con 14 días y la tercera etapa se aplicó la misma metodología, pero con 21 días. Todos de manera continua, tal como se muestra en la Figura 5:

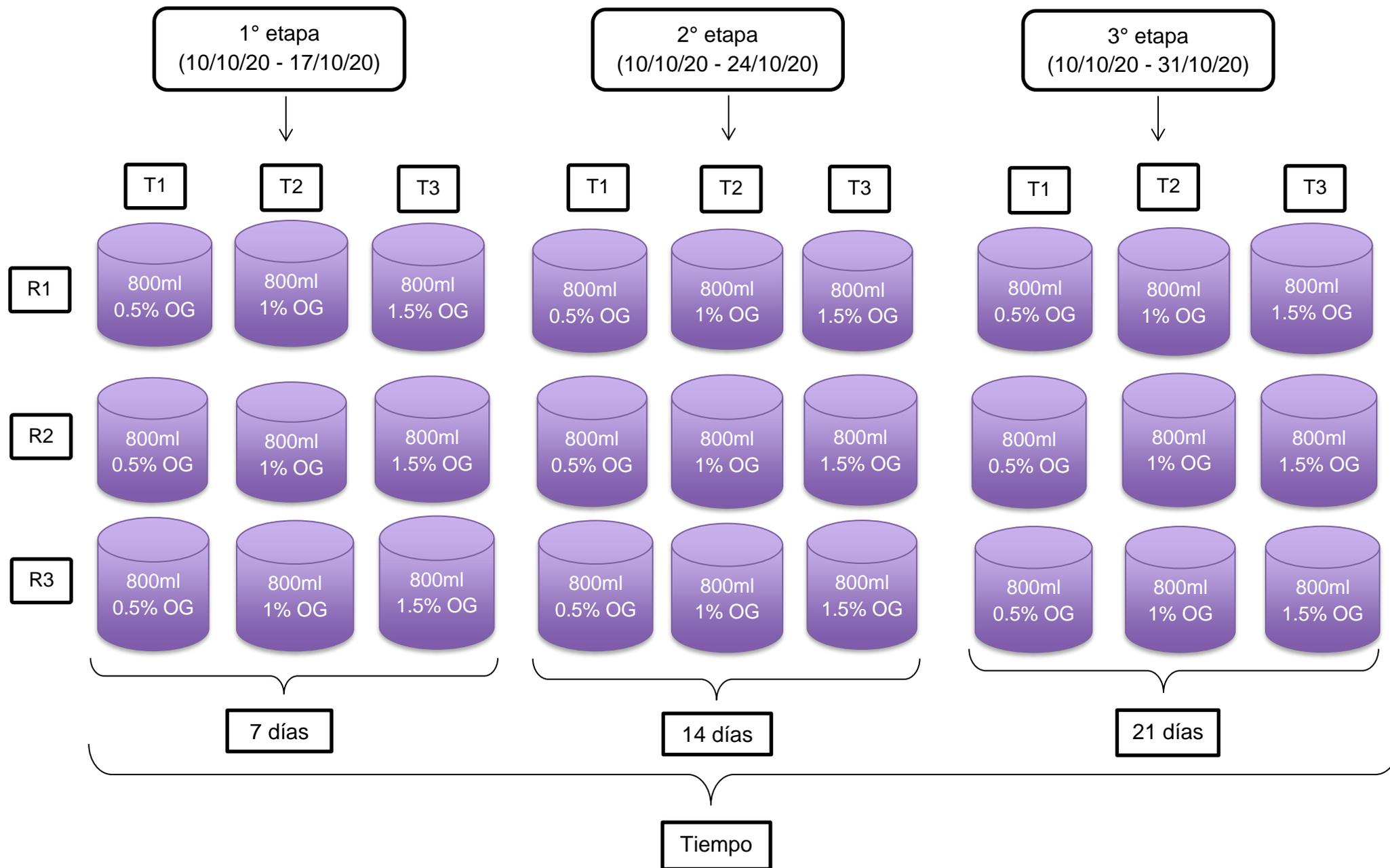


Figura 7. Diagrama de flujo del diseño del tratamiento

Fase 5: Caracterización final del agua (después del tratamiento)

Las muestras tratadas se analizaron en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería para determinar las concentraciones de Pb y Cu, mediante la técnica de Espectroscopia Absorción Atómica (AA) y verificar la remoción del Pb y Cu. Además, se corroboraron los datos mediante la técnica de barrido en el laboratorio externo environmental testing laboratory S.A.C., actualmente acreditada por INACAL y por la IAS.

Fase 6: Evaluación de los resultados

Los resultados fueron analizados mediante la prueba de Pearson y Spearman. Además, se interpretaron y se representaron en cuadros de Excel para observar el comportamiento del Cu y el Pb en el tratamiento con el óxido de grafeno.

3.6 Métodos de análisis de datos

Para el avance de este trabajo de investigación, todos los valores obtenidos se analizaron con la prueba de Pearson y la prueba de Spearman mediante el programa IBM SPSS versión 25, también se usó el programa de Microsoft office Excel 2016 con el fin de representar todos los resultados en cuadros estadísticos y gráficos para establecer la interpretación y conclusión de los resultados. Además, se usó Google earth pro para representar la zona de estudio de la investigación.

3.7 Aspectos éticos

Los datos que proporciona esta investigación son auténticos y sin manipulación a fin de favorecer el trabajo, siguiendo con los lineamientos establecidos en el código de ética, reglamento de investigación y resolución rectoral N°0089- 2020/UCV de la Universidad César Vallejo. También se añadieron investigaciones anteriores, de las cuales fueron citados como antecedentes nombrando a los principales autores para evitar en todo momento la copia. También se usó el programa de antiplagio Turnitin para determinar el porcentaje de similitud con otros documentos.

IV. RESULTADOS

Parámetros fisicoquímicos:

Se representó los resultados de la temperatura en tres etapas de tiempo, tal como se muestra en la Tabla 34.

Tabla 34. Resultados de la temperatura

Temperatura (°C)								
Inicial	Tiempo		7 días	Promedio	14 días	Promedio	21 días	Promedio
20.2	T1 (0.5%OG)	R1	21.3	21.3	21.7	21.7	22	22
		R2	21.3		21.7		22	
		R3	21.3		21.7		22	
	T2 (1%OG)	R1	21.2	21.2	21.7	21.7	22	22
		R2	21.2		21.7		22	
		R3	21.2		21.7		22	
	T3 (1.5%OG)	R1	21.3	21.3	21.7	21.7	22	22
		R2	21.3		21.7		22	
		R3	21.3		21.7		22	

T1: Tratamiento 1

R1: Repetición 1

T2: Tratamiento 2

R2: Repetición 2

T3: Tratamiento 3

R3: Repetición 3

OG: Óxido de grafeno

Interpretación: En la Tabla 34 se observó el nivel de la temperatura inicial con 20.2°C. Terminado las tres etapas de tiempo, el promedio de la primera etapa fueron 21.3°C del primer tratamiento, 21.2°C del segundo tratamiento y 21.3°C del tercer tratamiento. En cambio, en la segunda y tercera etapa fueron de 21.7°C y 22°C, respectivamente. Por lo que, la tercera etapa se estaba acondicionando a la temperatura ambiente.

En la siguiente tabla, se visualiza los resultados del potencial de hidrógeno durante 7, 14 y 21 días, respectivamente. Tal como se muestra en la Tabla 35:

Tabla 35. Resultados de potencial de hidrógeno

Potencial de hidrógeno (pH)								
Inicial	Tiempo		7 días	Promedio	14 días	Promedio	21 días	Promedio
7.47	T1 (0.5%OG)	R1	7.15	7.11	7.38	7.45	7.41	7.43
		R2	7.08		7.41		7.44	
		R3	7.1		7.56		7.45	
	T2 (1%OG)	R1	3.36	3.17	2.48	2.44	2.38	2.35
		R2	3.09		2.4		2.36	
		R3	3.06		2.45		2.32	
	T3 (1.5%OG)	R1	2.8	2.73	2.32	2.34	2.28	2.26
		R2	2.77		2.35		2.24	
		R3	2.63		2.34		2.26	

T1: Tratamiento 1

R1: Repetición 1

T2: Tratamiento 2

R2: Repetición 2

T3: Tratamiento 3

R3: Repetición 3

OG: Óxido de grafeno

Interpretación: En la Tabla 35 se observó el potencial de hidrógeno inicial con 7.47 pH, siendo un pH neutro y pasando levemente el ECA categoría 3. Terminado las tres etapas de tiempo, el primer tratamiento tuvo un pH constante a diferencia del tratamiento 2 y 3 que disminuyeron hasta el rango más bajo, entre 2 a 3 pH siendo un pH ácido. En los 3 tratamientos ocurre una oxidación reducción, sin embargo, en el tratamiento 2 y 3 ocurrió una oxidación reducción más fuerte, debido a la cantidad excesiva del OG. Ya que en el tratamiento 1 se generó mayor OH⁻ provocando que los metales se precipiten, caso contrario ocurrió en el tratamiento 2 y 3 que generó menor OH⁻ perjudicando la capacidad de adsorción de las muestras.

A continuación, los resultados de la conductividad eléctrica fueron agrupados en tres etapas de tiempo, tal como se muestra en la Tabla 36:

Tabla 36. Resultados de la conductividad eléctrica

Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)								
Inicial	Tiempo		7 días	Promedio	14 días	Promedio	21 días	Promedio
1334	T1 (0.5%OG)	R1	880	908	1745	1753.67	1456	1448
		R2	979		1756		1438	
		R3	865		1760		1450	
	T2 (1%OG)	R1	1195	1290	2745	2751	3021	3021
		R2	1290		2758		3019	
		R3	1385		2750		3023	
	T3 (1.5%OG)	R1	1513	1496.33	3255	3247.67	3598	3582
		R2	1486		3248		3567	
		R3	1490		3240		3581	

T1: Tratamiento 1

R1: Repetición 1

T2: Tratamiento 2

R2: Repetición 2

T3: Tratamiento 3

R3: Repetición 3

OG: Óxido de grafeno

Interpretación: En la Tabla 36 se observó el nivel de la conductividad eléctrica inicial con 1334 $\mu\text{S}/\text{cm}$, del cual se encuentra debajo del ECA categoría 3. Terminado las tres etapas de tiempo, el promedio de la tercera etapa se observó una diferencia entre los tratamientos. Por lo que, el primer tratamiento fue 1448 $\mu\text{S}/\text{cm}$ siendo más óptimo al estar cerca al rango establecido, en cambio en el segundo y tercer tratamiento con 3021 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 3582 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente se encuentran muy por encima del rango establecido.

Los resultados del potencial redox fueron representados en tres tiempos, tal como se muestra en la Tabla 37:

Tabla 37. Resultados del potencial redox

Potencial redox (mV)								
Inicial	Tiempo		7 días	Promedio	14 días	Promedio	21 días	Promedio
102	T1 (0.5%OG)	R1	104	103	104	106.33	112	113.67
		R2	100		105		114	
		R3	105		110		115	
	T2 (1%OG)	R1	162	153	162	165	168	165
		R2	145		165		167	
		R3	152		168		160	
	T3 (1.5%OG)	R1	136	134.67	175	182.67	181	179.33
		R2	139		185		178	
		R3	129		188		179	

T1: Tratamiento 1

R1: Repetición 1

T2: Tratamiento 2

R2: Repetición 2

T3: Tratamiento 3

R3: Repetición 3

OG: Óxido de grafeno

Interpretación: En la Tabla 37 se observó el nivel del potencial redox inicial con 102 mV. Terminado las tres etapas de tiempo, en la tercera etapa se observó una variación entre los tratamientos. Por lo que, en el primer tratamiento fue 113.67 mV, en cambio en el segundo y tercer tratamiento se encuentran muy elevados haciendo que el agua tienda a reaccionar como un agente oxidante, caso contrario reaccionaría como un agente reductor.

Se observó los resultados de la turbidez mediante tres etapas de tiempo, tal como se muestra en la Tabla 38:

Tabla 38. Resultados de la turbidez

Turbidez (NTU)								
Inicial	Tiempo		7 días	Promedio	14 días	Promedio	(21 días)	Promedio
45.23	T1 (0.5%OG)	R1	36	35.21	28.31	28.37	15.23	15.21
		R2	34.21		28.45		15.21	
		R3	35.41		28.36		15.2	
	T2 (1%OG)	R1	43.3	43.32	40.25	40.13	40.56	40.61
		R2	42.21		40.05		40.6	
		R3	44.45		40.1		40.66	
	T3 (1.5%OG)	R1	45.65	45.29	41.48	41.46	41.59	41.71
		R2	45.12		41.46		41.74	
		R3	45.09		41.45		41.8	

T1: Tratamiento 1

R1: Repetición 1

T2: Tratamiento 2

R2: Repetición 2

T3: Tratamiento 3

R3: Repetición 3

OG: Óxido de grafeno

Interpretación: En la Tabla 38 se observó el nivel de la turbidez inicial con 45.23 NTU. Terminado las tres etapas de tiempo, el promedio de la tercera etapa se observó la diferencia entre los tratamientos. Por lo que, en el primer tratamiento fue más óptimo al obtener 15.21 NTU. En cambio, en el segundo y tercer tratamiento se obtuvo 40.61 NTU y 41.71 NTU, respectivamente. Ya que, los adsorbentes introducidos en ambos tratamientos contienen alta concentración de OG, por lo que se perjudicó el parámetro de los tratamientos.

Parámetros físicos

Los resultados de sólidos totales fueron agrupados por tiempos, tal como se muestra en la Tabla 39:

Tabla 39. Resultados de sólidos totales

Sólidos totales (mg/l)								
Inicial	Tiempo		7 días	Promedio	14 días	Promedio	21 días	Promedio
1313	T1 (0.5%OG)	R1	853	854.67	795	794.67	765	758.33
		R2	856		792		760	
		R3	855		797		750	
	T2 (1%OG)	R1	1089	1090.67	959	953.67	854	846.33
		R2	1109		952		845	
		R3	1074		950		840	
	T3 (1.5%OG)	R1	1191	1140	996	995.67	895	891.33
		R2	1107		994		890	
		R3	1122		997		889	

T1: Tratamiento 1

R1: Repetición 1

T2: Tratamiento 2

R2: Repetición 2

T3: Tratamiento 3

R3: Repetición 3

OG: Óxido de grafeno

Interpretación: En la Tabla 39 se observó el nivel de sólidos totales inicial con 1313 mg/l. Terminado las tres etapas de tiempo, el promedio de la tercera etapa se observó la diferencia entre los tratamientos. Por lo que, en el primer tratamiento fue más óptimo al obtener 758.33mg/l. En cambio, en el segundo y tercer tratamiento se obtuvo 846.33 mg/l y 891.33 mg/l, respectivamente.

Se visualizó los resultados de sólidos disueltos en tres etapas tiempos, tal como se muestra en la Tabla 40:

Tabla 40. Resultados de sólidos disueltos

Sólidos suspendidos totales (mg/l)								
Inicial	Tiempo		7 días	Promedio	14 días	Promedio	21 días	Promedio
706	T1 (0.5%OG)	R1	730	727.33	678	678	658	659
		R2	736		677		659	
		R3	716		679		660	
	T2 (1%OG)	R1	886	925.67	759	760.33	725	722
		R2	940		760		720	
		R3	951		762		721	
	T3 (1.5%OG)	R1	985	979.67	756	751.67	735	737
		R2	971		750		740	
		R3	983		749		736	

T1: Tratamiento 1

R1: Repetición 1

T2: Tratamiento 2

R2: Repetición 2

T3: Tratamiento 3

R3: Repetición 3

OG: Óxido de grafeno

Interpretación: En la Tabla 40 se observó el nivel de sólidos disueltos inicial con 706 mg/l. Terminado las tres etapas de tiempo, en la tercera etapa se observó la diferencia entre los tratamientos. Por lo que, en el primer tratamiento fue más óptimo al obtener 659 mg/l. En cambio, en el segundo y tercer tratamiento se obtuvo 722 mg/l y 737 mg/l, respectivamente.

Los resultados de sólidos suspendidos totales se representaron en tres tiempos, tal como se muestra en la Tabla 41:

Tabla 41. Resultados de SST

Sólidos suspendidos totales (mg/l)								
Inicial	Tiempo		7 días	Promedio	14 días	Promedio	21 días	Promedio
607	T1 (0.5%OG)	R1	123	127.33	117	116.67	107	99.33
		R2	120		115		101	
		R3	139		118		90	
	T2 (1%OG)	R1	203	165	200	193.33	129	126
		R2	169		192		125	
		R3	123		188		124	
	T3 (1.5%OG)	R1	206	160.33	240	244	155	152.67
		R2	136		244		150	
		R3	139		248		153	

T1: Tratamiento 1

R1: Repetición 1

T2: Tratamiento 2

R2: Repetición 2

T3: Tratamiento 3

R3: Repetición 3

OG: Óxido de grafeno

Interpretación: En la Tabla 41 se observó el nivel de sólidos suspendidos Totales inicial con 607 mg/l. Terminado las tres etapas de tiempo, en la tercera etapa se observó la diferencia entre los tratamientos. Por lo que, en el primer tratamiento fue más óptimo al obtener 99.33 mg/l. En cambio, en el segundo y tercer tratamiento se obtuvo 126 mg/l y 152.67 mg/l, respectivamente. Debido a que, en ambos tratamientos el OG se dispersó y no logró sedimentar por completo, en cambio en el primer tratamiento sí.

Parámetros biológicos

En la siguiente tabla, se manifiesta los resultados del oxígeno disuelto en 7, 14 y 21 días, respectivamente. Tal como se muestra en la Tabla 42:

Tabla 42. Resultados del oxígeno disuelto

Oxígeno disuelto (mgO_2/l)								
Inicial	Tiempo		7 días	Promedio	14 días	Promedio	21 días	Promedio
4.793	T1 (0.5%OG)	R1	4.55	4.63	4.75	4.77	5.01	5.12
		R2	4.79		4.8		5.23	
		R3	4.55		4.77		5.12	
	T2 (1%OG)	R1	3.35	3.11	3.32	3.06	4.12	4.24
		R2	3.11		3.09		4.32	
		R3	2.87		2.78		4.29	
	T3 (1.5%OG)	R1	2.15	1.92	1.89	1.81	2.35	2.32
		R2	1.92		1.9		2.31	
		R3	1.68		1.65		2.3	

T1: Tratamiento 1

R1: Repetición 1

T2: Tratamiento 2

R2: Repetición 2

T3: Tratamiento 3

R3: Repetición 3

OG: Óxido de grafeno

Interpretación: En la Tabla 42 se observó el nivel del oxígeno disuelto inicial con $4.79 \text{ } mgO_2/l$. Terminado las tres etapas de tiempo, en la tercera etapa se observó la diferencia entre los tratamientos. Por lo que, en el primer tratamiento fue más óptimo al obtener $5.12 \text{ } mgO_2/l$. En cambio, en el segundo y tercer tratamiento se obtuvo $4.24 \text{ } mgO_2/l$ y $2.32 \text{ } mgO_2/l$, respectivamente.

Los resultados de la demanda química del oxígeno se manifestaron en tres etapas tiempos, tal como se muestra en la Tabla 43:

Tabla 43. Resultados de la demanda química del oxígeno

Demanda química del oxígeno (mgO_2/l)								
Inicial	Tiempo		7 días	Promedio	14 días	Promedio	21 días	Promedio
320	T1 (0.5%OG)	R1	266.67	282.22	245	239.67	120	118
		R2	300		238		116	
		R3	280		236		118	
	T2 (1%OG)	R1	400	399.67	345	326.33	235	229.33
		R2	366		324		238	
		R3	433		310		215	
	T3 (1.5%OG)	R1	533	566.33	413	411	301	308.33
		R2	566		412		310	
		R3	600		408		314	

T1: Tratamiento 1

R1: Repetición 1

T2: Tratamiento 2

R2: Repetición 2

T3: Tratamiento 3

R3: Repetición 3

OG: Óxido de grafeno

Interpretación: En la Tabla 43 se observó el nivel de demanda química del oxígeno inicial con $320 \text{ mgO}_2/l$. Terminado las tres etapas de tiempo, en la tercera etapa se observó la diferencia entre los tratamientos. Por lo que, en el primer tratamiento fue más óptimo al obtener $118 \text{ mgO}_2/l$. En cambio, en el segundo y tercer tratamiento se obtuvo $229.33 \text{ mgO}_2/l$ y $308.33 \text{ mgO}_2/l$, respectivamente.

Parámetros Inorgánicos

Los resultados de adsorción del plomo fueron agrupados en tres tiempos, tal como se muestra en la Tabla 44:

Tabla 44. Resultados de adsorción del plomo

Adsorción del plomo (mg/l)								
Inicial	Tiempo		7 días	Promedio	14 días	Promedio	21 días	Promedio
0.16691	T1 (0.5%OG)	R1	0.10451	0.1041	0.14501	0.1420	0.16671	0.1665
		R2	0.11541		0.14001		0.16631	
		R3	0.09231		0.14101		0.16661	
	T2 (1%OG)	R1	0.06101	0.0620	0.06811	0.0685	0.10561	0.1077
		R2	0.06601		0.06911		0.11251	
		R3	0.05901		0.06821		0.10501	
	T3 (1.5%OG)	R1	0.01321	0.0144	0.04101	0.0420	0.05041	0.0499
		R2	0.01401		0.04001		0.04951	
		R3	0.01601		0.04501		0.04991	

T1: Tratamiento 1

R1: Repetición 1

T2: Tratamiento 2

R2: Repetición 2

T3: Tratamiento 3

R3: Repetición 3

OG: Óxido de grafeno

Interpretación: En la tabla 44 se mostró la cantidad de concentración de Pb que redujo en las 3 etapas de tiempo, con las diferentes dosis de 0.5, 1, 1.5 de OG, siendo el tratamiento 1 el más óptimo, ya que adsorbió 0.1665 mg/l de Pb en un tiempo 21 días. Debido a que, la dosis 0.5%OG tiene la porosidad más abierta, por lo que logra captar fácilmente los cationes a diferencia del tratamiento 2 y 3, que tienen poca porosidad y son lentos en captar los cationes.

Los resultados de la reducción del plomo se representaron por tiempos. Tal como se muestra en la Tabla 45:

Tabla 45. Resultados de la remoción del plomo

Remoción del plomo (%)							
Tiempo		7 días	Promedio	14 días	Promedio	21 días	Promedio
T1 (0.5%OG)	R1	62.61458271	62.35	86.87915643	85.08	99.88017494	99.78
	R2	69.14504823		83.88353005		99.64052483	
	R3	55.30525433		84.48265532		99.82026242	
T2 (1%OG)	R1	36.55263316	37.15	40.80642262	41.03	63.27362051	64.53
	R2	39.54825954		41.4055479		67.40758493	
	R3	35.3543826		40.86633515		62.91414535	
T3 (1.5%OG)	R1	7.91444491	8.63	24.57012761	25.17	30.20190522	29.92
	R2	8.393745132		23.97100234		29.66269247	
	R3	9.591995686		26.96662872		29.90234258	

T1: Tratamiento 1

R1: Repetición 1

T2: Tratamiento 2

R2: Repetición 2

T3: Tratamiento 3

R3: Repetición 3

OG: Óxido de grafeno

Interpretación: En la Tabla 45 se observó la eficiencia del óxido de grafeno mediante el cálculo del porcentaje de remoción de las etapas de tiempo realizadas en los tratamientos. Siendo el más eficiente el tratamiento 1 con un tiempo de 21 días, con 99.78% de remoción de plomo.

A continuación, se representaron los resultados de adsorción del cobre en 7 días, 14 días y 21 días, tal como se muestra en la Tabla 46:

Tabla 46. Resultados de adsorción del cobre

Adsorción del cobre (mg/l)								
Inicial	Tiempo		7 días	Promedio	14 días	Promedio	21 días	Promedio
2.435	T1 (0.5%OG)	R1	0.949	0.9623	1.799	1.7823	2.43	2.4320
		R2	0.959		1.789		2.432	
		R3	0.979		1.759		2.434	
	T2 (1%OG)	R1	0.029	0.0340	0.144	0.1403	0.977	0.9690
		R2	0.037		0.153		0.964	
		R3	0.036		0.124		0.966	
	T3 (1.5%OG)	R1	0.034	0.0267	0.114	0.0840	0.871	0.8927
		R2	0.022		0.049		0.901	
		R3	0.024		0.089		0.906	

T1: Tratamiento 1

R1: Repetición 1

T2: Tratamiento 2

R2: Repetición 2

T3: Tratamiento 3

R3: Repetición 3

OG: Óxido de grafeno

Interpretación: En la tabla 46 se visualizó la cantidad de concentración de Pb que redujeron en las 3 etapas de tiempo, con las diferentes dosis de 0.5%, 1%, 1.5% de OG. Siendo el tratamiento 1 el más óptimo, ya que adsorbió 2.4320mg/l de Pb en un tiempo 21 días. Debido a que, el tratamiento con dosis 0.5%OG tiene la porosidad más pequeña, es por ello que tiene la facilidad de captar los cationes a diferencia del tratamiento 2 y 3.

Los resultados de la remoción del cobre fueron agrupados por tres etapas planteadas, tal como se muestra en la Tabla 47:

Tabla 47. Resultados de la remoción del cobre

Remoción del cobre (%)							
Tiempo		7 días	Promedio	14 días	Promedio	21 días	Promedio
T1 (0.5%OG)	R1	38.97330595	39.52	57.20053836	55.67	99.79466119	99.88
	R2	39.38398357		56.23306233		99.87679671	
	R3	40.20533881		53.57142857		99.95893224	
T2 (1%OG)	R1	1.190965092	1.40	4.779717373	4.43	40.12320329	39.79
	R2	1.519507187		4.83736447		39.58932238	
	R3	1.478439425		3.668195081		39.67145791	
T3 (1.5%OG)	R1	1.396303901	1.10	3.331945023	2.38	35.77002053	36.66
	R2	0.90349076		1.11893908		37.00205339	
	R3	0.985626283		2.695976773		37.2073922	

T1: Tratamiento 1

R1: Repetición 1

T2: Tratamiento 2

R2: Repetición 2

T3: Tratamiento 3

R3: Repetición 3

OG: Óxido de grafeno

Interpretación: En la Tabla 47 se observó la eficiencia del óxido de grafeno mediante el cálculo del porcentaje de remoción de las etapas de tiempo realizadas en los tratamientos. Siendo el más eficiente el tratamiento 1 con un tiempo de 21 días con 99.88% de remoción del cobre.

Análisis de la estadística inferencial:

Resultados de los parámetros fisicoquímicos:

Hipótesis nula: los datos siguen una distribución normal

Hipótesis alterna: los datos no siguen una distribución normal

Tabla 48. Prueba de normalidad de los parámetros fisicoquímicos

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Etapa1_pH	,347	9	,003	,699	9	,001
Etapa2_pH	,403	9	,000	,641	9	,000
Etapa3_pH	,405	9	,000	,633	9	,000
Etapa1_Ce	,165	9	,200*	,868	9	,118
Etapa2_Ce	,263	9	,073	,800	9	,021
Etapa3_Ce	,303	9	,017	,772	9	,010
Etapa1_Eh	,202	9	,200*	,917	9	,365
Etapa2_Eh	,287	9	,031	,813	9	,028
Etapa3_Eh	,263	9	,072	,780	9	,012
Etapa1_Turbidez	,246	9	,123	,806	9	,024
Etapa2_Turbidez	,373	9	,001	,684	9	,001
Etapa3_Turbidez	,399	9	,000	,645	9	,000
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Interpretación: En la tabla 48 se visualizó la significancia de la prueba de normalidad de los parámetros fisicoquímicos. Se observa que en la mayoría se encuentra por debajo del 0.05, por lo que rechaza la hipótesis nula. Para ello, se aplica la estadística no paramétrica Spearman. Sin embargo, para la etapa1_Ce y etapa1_Eh, tienen la significancia por encima del 0.05; por lo que acepta la hipótesis nula. Para ello, se aplica la estadística paramétrica Pearson.

Estadística paramétrica correlación R de Pearson:

Hipótesis nula: No busca la correlación

Hipótesis alterna: Busca la correlación

Tabla 49. Prueba de correlación de Pearson de los parámetros físicoquímicos

Correlaciones			
		Etapa1_Ce	Etapa1_Eh
Etapa1_Ce	Correlación de Pearson	1	,686*
	Sig. (bilateral)		,041
	N	9	9
Etapa1_Eh	Correlación de Pearson	,686*	1
	Sig. (bilateral)	,041	
	N	9	9

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Interpretación: En la tabla 49 se visualizó la correlación de Pearson de los parámetros físicoquímicos. La etapa1_Ce y etapa1_Eh con un valor de 0.686 en el nivel 0.05. Determinando mediante el criterio de Pearson que los parámetros tienen una buena correlación. Además, la significancia fue de 0.041, por lo que rechaza la hipótesis nula.

Estadística no paramétrica correlación de Spearman:

Hipótesis nula: No busca la correlación

Hipótesis alterna: Busca la correlación

Tabla 50. Prueba de correlación de Spearman de los parámetros

Correlaciones												
			Etapa2_	Etapa3_	Etapa2_	Etapa3_	Etapa2_	Etapa3_				
			pH	pH	Ce	Ce	Eh	Eh	Etapa1_Turbidez	Etapa2_Turbidez	Etapa3_Turbidez	
Rho de Spearman	Etapa2_pH	Coeficiente de correlación	1,000	,917**	-,917**	-,933**	-,867**	-,883**		-,917**	-,867**	-,933**
		Sig. (bilateral)	.	,001	,001	,000	,002	,002		,001	,002	,000
		N	9	9	9	9	9	9		9	9	9
	Etapa3_pH	Coeficiente de correlación	,917**	1,000	-,867**	-,900**	-,917**	-,800**		-,917**	-,850**	-,983**
		Sig. (bilateral)	,001	.	,002	,001	,001	,010		,001	,004	,000
		N	9	9	9	9	9	9		9	9	9
	Etapa2_Ce	Coeficiente de correlación	-,917**	-,867**	1,000	,883**	,917**	,933**		,900**	,917**	,850**
		Sig. (bilateral)	,001	,002	.	,002	,001	,000		,001	,001	,004
		N	9	9	9	9	9	9		9	9	9
	Etapa3_Ce	Coeficiente de correlación	-,933**	-,900**	,883**	1,000	,883**	,900**		,983**	,900**	,917**
		Sig. (bilateral)	,000	,001	,002	.	,002	,001		,000	,001	,001
		N	9	9	9	9	9	9		9	9	9
	Etapa2_Eh	Coeficiente de correlación	-,867**	-,917**	,917**	,883**	1,000	,883**		,867**	,867**	,933**
		Sig. (bilateral)	,002	,001	,001	,002	.	,002		,002	,002	,000
		N	9	9	9	9	9	9		9	9	9
	Etapa3_Eh	Coeficiente de correlación	-,883**	-,800**	,933**	,900**	,883**	1,000		,883**	,950**	,817**
		Sig. (bilateral)	,002	,010	,000	,001	,002	.		,002	,000	,007
		N	9	9	9	9	9	9		9	9	9

	Etapa1_Tur bidez	Coeficiente de correlación	-,917**	-,917**	,900**	,983**	,867**	,883**	1,000	,917**	,900**
		Sig. (bilateral)	,001	,001	,001	,000	,002	,002	.	,001	,001
		N	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Etapa2_Tur bidez	Coeficiente de correlación	-,867**	-,850**	,917**	,900**	,867**	,950**	,917**	1,000	,833**
		Sig. (bilateral)	,002	,004	,001	,001	,002	,000	,001	.	,005
		N	9	9	9	9	9	9	9	9	9
	Etapa3_Tur bidez	Coeficiente de correlación	-,933**	-,983**	,850**	,917**	,933**	,817**	,900**	,833**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,004	,001	,000	,007	,001	,005	.
		N	9	9	9	9	9	9	9	9	9
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).											

Interpretación: En la tabla 50 se visualizó la correlación de Pearson de los parámetros fisicoquímicos. Del cual, se determinó mediante la escala de Pearson que los parámetros que son $0.9 < R < 1$ tienen una correlación positiva muy alta y los parámetros que son $0.7 < R < 0.9$ tienen una correlación positiva alta. En cambio, los parámetros que son $-0.9 < R < -1$ tienen una correlación negativa muy alta y los parámetros que son $-0.7 < R < -0.9$ tienen una correlación negativa alta. Además, la significancia se encuentra por debajo del 0.05, por lo que rechaza la hipótesis nula.

Resultados de los parámetros físicos

Hipótesis nula: los datos siguen una distribución normal

Hipótesis alterna: los datos no siguen una distribución normal

Tabla 51. Prueba de normalidad de los parámetros físicos

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Etapa1_ST	,299	9	,019	,796	9	,018
Etapa2_ST	,316	9	,010	,755	9	,006
Etapa3_ST	,221	9	,200*	,850	9	,074
Etapa1_SD	,259	9	,082	,791	9	,016
Etapa2_SD	,353	9	,002	,704	9	,002
Etapa3_SD	,318	9	,009	,761	9	,007
Etapa1_SST	,304	9	,016	,813	9	,028
Etapa2_SST	,218	9	,200*	,846	9	,068
Etapa3_SST	,179	9	,200*	,926	9	,441
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Interpretación: En la tabla 51 se visualizó la significancia de la prueba de normalidad de los parámetros físicos. Se observa que en la mayoría se encuentra por debajo del 0.05, por lo que rechaza la hipótesis nula. Para ello, se aplica la estadística no paramétrica Spearman. Sin embargo, para la etapa3_ST, la etapa2_SST y etapa3_SST, tienen la significancia por encima del 0.05; por lo que acepta la hipótesis nula. Para ello, se aplica la estadística paramétrica Pearson.

Estadística paramétrica correlación R de Pearson:

Hipótesis nula: No busca la correlación

Hipótesis alterna: Busca la correlación

Tabla 52. Prueba de correlación de Pearson de los parámetros físicos

Correlaciones				
		Etapa3_ST	Etapa2_SST	Etapa3_SST
Etapa3_ST	Correlación de Pearson	1	,993**	,976**
	Sig. (bilateral)		,000	,000
	N	9	9	9
Etapa2_SST	Correlación de Pearson	,993**	1	,972**
	Sig. (bilateral)	,000		,000
	N	9	9	9
Etapa3_SST	Correlación de Pearson	,976**	,972**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,000	
	N	9	9	9

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Interpretación: En la tabla 52 se visualizó la correlación de Pearson de los parámetros físicos. Del cual, se determinó mediante el criterio de Pearson que los parámetros tienen una muy buena correlación. Además, la significancia fue de 0.000, por lo que rechaza la hipótesis nula.

Estadística no paramétrica correlación de Spearman:

Hipótesis nula: No busca la correlación

Hipótesis alterna: Busca la correlación

Tabla 53. Prueba de correlación de Spearman de los parámetros físicos

Correlaciones						
			Etapa1_ST	Etapa2_ST	Etapa1_SD	Etapa3_SD
Rho de Spearman	Etapa1_ST	Coefficiente de correlación	1,000	,883**	,900**	,783*
		Sig. (bilateral)	.	,002	,001	,013
		N	9	9	9	9
	Etapa2_ST	Coefficiente de correlación	,883**	1,000	,850**	,917**
		Sig. (bilateral)	,002	.	,004	,001
		N	9	9	9	9
	Etapa1_SD	Coefficiente de correlación	,900**	,850**	1,000	,833**
		Sig. (bilateral)	,001	,004	.	,005
		N	9	9	9	9
	Etapa3_SD	Coefficiente de correlación	,783*	,917**	,833**	1,000
		Sig. (bilateral)	,013	,001	,005	.
		N	9	9	9	9
**. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).						
*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).						

Interpretación: En la tabla 53 se visualizó la correlación de Pearson de los parámetros fisicoquímicos. Del cual, se determinó mediante la escala de Pearson que los parámetros que son $0.9 < R < 1$ tienen una correlación positiva muy alta y los parámetros que son $0.7 < R < 0.9$ tienen una correlación positiva alta. Además, la significancia se encuentra por debajo del 0.05, por lo que rechaza la hipótesis nula.

Resultados de los parámetros biológicos

Hipótesis nula: los datos siguen una distribución normal

Hipótesis alterna: los datos no siguen una distribución normal

Tabla 54. Prueba de normalidad de los parámetros biológicos

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Etapa1_OD	,201	9	,200*	,904	9	,277
Etapa2_OD	,215	9	,200*	,863	9	,102
Etapa3_OD	,239	9	,148	,819	9	,034
Etapa1_DQO	,156	9	,200*	,916	9	,359
Etapa2_DQO	,198	9	,200*	,861	9	,099
Etapa3_DQO	,215	9	,200*	,851	9	,076
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Interpretación: En la tabla 54 se visualizó la significancia de la prueba de normalidad de los parámetros biológicos. Se observa que en la mayoría se encuentra por encima del 0.05, por lo que acepta la hipótesis nula. Para ello, se aplica la estadística paramétrica Pearson. Sin embargo, para la etapa3_OD tiene la significancia por debajo del 0.05; por lo que rechaza la hipótesis nula.

Estadística no paramétrica correlación de Spearman:

Hipótesis nula: No busca la correlación

Hipótesis alterna: Busca la correlación

Tabla 55. Prueba de correlación de Spearman de los parámetros biológicos

			Correlaciones					
			Etapa1_ OD	Etapa2_ OD	Etapa3_ OD	Etapa1_ DQO	Etapa2_ DQO	Etapa3_ DQO
Rho de Spearman	Etapa1 _OD	Coeficiente de correlación	1,000	,979**	,946**	-,929**	-,837**	-,946**
		Sig. (bilateral)	.	,000	,000	,000	,005	,000
		N	9	9	9	9	9	9
	Etapa2 _OD	Coeficiente de correlación	,979**	1,000	,933**	-,900**	-,867**	-,933**
		Sig. (bilateral)	,000	.	,000	,001	,002	,000
		N	9	9	9	9	9	9
	Etapa3 _OD	Coeficiente de correlación	,946**	,933**	1,000	-,917**	-,900**	-,950**
		Sig. (bilateral)	,000	,000	.	,001	,001	,000
		N	9	9	9	9	9	9
	Etapa1 _DQO	Coeficiente de correlación	-,929**	-,900**	-,917**	1,000	,833**	,867**
		Sig. (bilateral)	,000	,001	,001	.	,005	,002
		N	9	9	9	9	9	9
	Etapa2 _DQO	Coeficiente de correlación	-,837**	-,867**	-,900**	,833**	1,000	,900**
		Sig. (bilateral)	,005	,002	,001	,005	.	,001
		N	9	9	9	9	9	9
	Etapa3 _DQO	Coeficiente de correlación	-,946**	-,933**	-,950**	,867**	,900**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,002	,001	.
		N	9	9	9	9	9	9

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Interpretación: En la tabla 55 se visualizó la correlación de Spearman de los parámetros biológicos. Del cual, se determinó mediante la escala de Pearson que los parámetros que son $0.9 < R < 1$ tienen una correlación positiva muy alta y los parámetros que son $0.7 < R < 0.9$ tienen una correlación positiva alta. En cambio, los parámetros que son $-0.9 < R < -1$ tienen una correlación negativa muy alta y los parámetros que son $-0.7 < R < -0.9$ tienen una correlación negativa alta. Además, la significancia se encuentra por debajo del 0.05, por lo que rechaza la hipótesis nula.

Resultados de los parámetros inorgánicos

Hipótesis nula: los datos siguen una distribución normal

Hipótesis alterna: los datos no siguen una distribución normal

Tabla 56. Prueba de normalidad de los parámetros inorgánicos

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Etapa1_Pb	,203	9	,200*	,896	9	,230
Etapa2_Pb	,298	9	,021	,794	9	,017
Etapa3_Pb	,209	9	,200*	,834	9	,049
Etapa1_Cu	,410	9	,000	,633	9	,000
Etapa2_Cu	,398	9	,000	,653	9	,000
Etapa3_Cu	,394	9	,000	,655	9	,000
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Interpretación: En la tabla 56 se visualizó la significancia de la prueba de normalidad de los parámetros inorgánicos. Se observa que en la mayoría se encuentra por debajo del 0.05, por lo que rechaza la hipótesis nula. Para ello, se aplica la estadística no paramétrica Spearman. Sin embargo, para la etapa1_Pb tiene la significancia por encima del 0.05; por lo que acepta la hipótesis nula.

Estadística no paramétrica correlación de Spearman:

Hipótesis nula: No busca la correlación

Hipótesis alterna: Busca la correlación

Tabla 57. Prueba de correlación de Spearman de los parámetros inorgánicos

Correlaciones								
			Etapa1_ Pb	Etapa2_ Pb	Etapa3_ Pb	Etapa1_ Cu	Etapa2_ Cu	Etapa3_ Cu
Rho de Spearman	Etapa1_ Pb	Coeficiente de correlación	1,000	,917**	,900**	,817**	,933**	,900**
		Sig. (bilateral)	.	,001	,001	,007	,000	,001
		N	9	9	9	9	9	9
	Etapa2_ Pb	Coeficiente de correlación	,917**	1,000	,967**	,900**	,950**	,867**
		Sig. (bilateral)	,001	.	,000	,001	,000	,002
		N	9	9	9	9	9	9
	Etapa3_ Pb	Coeficiente de correlación	,900**	,967**	1,000	,900**	,983**	,850**
		Sig. (bilateral)	,001	,000	.	,001	,000	,004
		N	9	9	9	9	9	9
	Etapa1_ Cu	Coeficiente de correlación	,817**	,900**	,900**	1,000	,883**	,800**
		Sig. (bilateral)	,007	,001	,001	.	,002	,010
		N	9	9	9	9	9	9
	Etapa2_ Cu	Coeficiente de correlación	,933**	,950**	,983**	,883**	1,000	,833**
		Sig. (bilateral)	,000	,000	,000	,002	.	,005
		N	9	9	9	9	9	9
	Etapa3_ Cu	Coeficiente de correlación	,900**	,867**	,850**	,800**	,833**	1,000
		Sig. (bilateral)	,001	,002	,004	,010	,005	.
		N	9	9	9	9	9	9

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Interpretación: En la tabla 57 se visualizó la correlación de Spearman de los parámetros inorgánicos. Del cual, se determinó mediante la escala de Pearson que los parámetros que son $0.9 < R < 1$ tienen una correlación positiva muy alta y los parámetros que son $0.7 < R < 0.9$ tienen una correlación positiva alta. Además, la significancia se encuentra por debajo del 0.05, por lo que rechaza la hipótesis nula.

V. DISCUSIÓN

En esta investigación se removió el Pb (II) y Cu (II) mediante el uso del óxido de grafeno. Los resultados mostraron eficiencias de remoción al 99.78% y 99.88% de Pb (II) y Cu (II), respectivamente en aguas superficiales del río Huarmey. Así mismo, Duru et al. (2016) mencionaron que el óxido de grafeno obtuvo 87.6% de remoción del Cu (II) y 90% de remoción del Pb (II) en muestras de aguas residuales. En cambio, Jun et al. (2019) aplicaron OG y estructura organometálico para eliminar Pb (II), su resultado de remoción del Pb (II) fue de 80%. Para Poma (2017) comparó materiales compuestos a base de óxido de grafeno para remover Pb (II) de efluentes utilizando la ferrita y diatomita con rOG, en sus resultados de remoción fue 97.58% y 99.58% respectivamente. Por otro lado, White et al. (2018) estudiaron al OG para evaluar la remoción de Cu (II) con el adsorbente en una solución acuosa, obteniendo como resultado 97.4 % de la tasa máxima de remoción de cobre.

La temperatura obtenida en la investigación fue 22°C. En cambio, en la investigación de Alemán y Neyra (2018) obtuvieron una temperatura elevada de 37.9°C utilizando la radiación ultravioleta con dióxido de titanio dopado con paladio más la agitación (UV+TiO₂Pd+Ax). Además, mencionan que la temperatura indicaría la solubilidad del oxígeno disuelto, dado que a cuanto más se eleve la temperatura menor es la solubilidad del oxígeno disuelto, a la vez aumentaría la solubilidad de las sales alterando el pH y la conductividad. Por otro lado, tiene una relación directamente proporcional en el metabolismo de los seres vivos del recurso natural (pág. 19).

El pH adquirido en la investigación fue 7.43 pH, el cual se encuentra en el rango establecido, ya que el pH recomendado está en el rango de 5.0 a 8.0 pH. De igual manera, Poma (2017) en su investigación trabajó con un pH entre 5.5 a 6.5 pH. Sin embargo, en la investigación de White et al (2018) mencionaron que el pH óptimo fue de 6.0 pH. Por otro lado, Jun et al. (2019) mencionaron que el pH óptimo fue de 5 a 7 pH. El potencial de hidrógeno es un parámetro muy importante que logra afectar la carga superficial del adsorbente y los grupos iónicos de los metales pesados.

La conductividad eléctrica obtenida se encuentra entre el nivel de 1448 a 3582 $\mu\text{S}/\text{cm}$, de las cuales se encuentran entre el rango 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de la categoría 3 del ECA. En cambio, Alemán y Neyra en su investigación tuvo una conductividad eléctrica por debajo de la categoría. Además, mencionó que el parámetro se encuentra relacionada con mineralización presentes en el agua, a la vez el aumento del parámetro repercute en el rendimiento del ecosistema.

La turbidez fue de 15.21 NTU, siendo el más adecuado en la investigación. Sin embargo, para Alemán y Neyra (2018) obtuvieron 63.4 NTU utilizando radiación ultravioleta (UV)+ peróxido de hidrógeno (H_2O_2) + agitación (Ax), siendo ambas investigaciones eficientes para la decoloración de aguas.

El oxígeno disuelto de la investigación fue 5.12 mgO_2/l . En cambio, el OD de la investigación de Alemán y Neyra (2018) se encontró por debajo de lo establecido por el ECA de la categoría 3, esto se debe a que el proceso de oxidación requiere de una buena cantidad de oxígeno. También, mencionaron que el OD indica la cantidad de O_2 contenido en un cuerpo de agua, debido a que el oxígeno se utiliza para descomponer a la materia orgánica, sin ello no se mantiene ni habría vida acuática. Además, es inversamente proporcional a la temperatura (pág. 21).

La demanda química de oxígeno fue de 118 mgO_2/l . En comparación con los resultados de la investigación de Alemán y Neyra (2018), el DQO de su investigación fue de 126 mgO_2/l usando radiación ultravioleta con dióxido de titanio dopado con paladio más aireación (UV+ TiO_2Pd +Ae).

En el óxido de grafeno se presenciaron dos picos con un ángulo de difracción de 5.375° con una distancia interplanar de 8.2232 Å y el segundo pico fue 10.52° y 4.2190 Å, respectivamente. Dándose a notar que el material obtenido si corresponde al óxido de grafeno, ya que se cumple la ley de Bragg. Al igual que en la investigación de Zolezzi (2017) caracterizó el OG con la técnica de XDR, obteniendo como resultado el ángulo de difracción 12.1° y la distancia interplanar 7.3Å. En cambio, en la investigación de Jun (2019) en su resultado de

caracterización de OG obtuvo picos. En el primer pico del ángulo de difracción fue de 12.72° y en el segundo 42.40° con espacio interplanar $\sim 7\text{\AA}$.

La mejor dosis fue evaluada en 3 etapas de 7 días, 14 días y 21 días para obtener la mejor reducción en Pb (II) y Cu (II) en sus distintos pesos relacionados a sus porcentajes, siendo la mejor dosis el peso de 4g correspondiente a 0.5%OG. Dado que, la porosidad de la dosis de 0.5%OG son más pequeñas provocando la dificultad en atravesar al OG y facilitando al captar los cationes. A comparación, de lo reportado por Hong shan Ren et al. (2019) que utilizaron 5 periodos de tiempo de 20, 40, 80, 100 y 120 minutos para la adsorción del Pb y Cu con una dosis estandarizada de 10mg de OG en cada periodo. Por otro lado, el trabajo de investigación de Rachel White et al. (2018) emplearon el tiempo de contacto en un rango de 0 hasta 120 minutos utilizando una dosis de 20 mg de OG. El resultado se apreció pasando el minuto 15 adsorbiendo el 60% de Cu y pasando los 60 minutos se encuentra el equilibrio máximo de adsorción. Por lo que, cuanto más aumenta el tiempo de contacto, aún más es la remoción.

VI. CONCLUSIONES

El óxido de grafeno sintetizado mediante el método Hummer es altamente eficiente para remover Pb y Cu de las aguas del río Huarmey, alcanzando porcentajes de 99.78% de Pb (II) y 99.88% de Cu (II), con dosis de 0.5% de OG (óxido de grafeno).

1. Los parámetros físicos, fisicoquímicos y biológicos de la muestra inicial del río Huarmey disminuyeron notablemente al utilizar el óxido de grafeno, tales como la turbidez, sólidos suspendidos totales, oxígenos disueltos y demanda química de oxígeno con 45.23NTU, 607mg/l, 4.79 mgO_2/l y 320 mgO_2/l redujeron a 15.23NTU, 99.33mg/l, 5.12 mgO_2/l y 118 mgO_2/l , respectivamente.

2. Las características físicas del grafito proveniente de la pila fueron 0.94% de humedad, 4.81% de materia volátil, 17.22 % de cenizas y 77.97% de carbono fijo. Estas características de análisis continuo determinaron el poder calorífico de 6970.74 Kcal/kg, que de acuerdo a la norma ASTM califica como un grafito óptimo para la obtención del óxido de grafeno, debido a que el poder calorífico es mayor a 4000 Kcal/g, valor que hizo posible aplicar el método Hummers para la obtención del óxido de grafeno.

3. Los resultados de la caracterización del óxido de grafeno por la técnica de difracción de rayos X permitió comprobar que el material que se utilizó fue OG.

4. La mejor dosis de óxido de grafeno para la remoción de Pb (II) y Cu (II) fue de 0.5%, alcanzando remociones de Pb (II) y Cu (II) del 99.78% y 99.88%, respectivamente, en un tiempo de 21 días.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar 3 repeticiones factoriales con finalidad de reducir el margen de error y poder apreciar un resultado aceptable cuando se realiza la estadística.
- Tener una unidad muestral mayor a 1 L para poder realizar el análisis de los parámetros fundamentales en el agua, debido a que el agua se evapora en un proceso aeróbico a temperatura ambiente.
- Realizar la caracterización del óxido de grafeno con dos o más técnicas, con la finalidad de garantizar su pureza para el proceso de reducción de los componentes inorgánicos de la investigación.
- Utilizar dosis menores al 1% de óxido de grafeno, debido a que volúmenes mayores de 1L se acidifican de manera rápida, perjudicando el proceso de adsorción.

REFERENCIAS

ALEMÁN; Jorge y NEYRA; Percy. Aplicación de tecnología de oxidación avanzada en la descontaminación de aguas residuales procedentes del empaque de banano en tumbes. Tesis (Título para ingeniero forestal y medio ambiente). Universidad nacional de tumbes. Perú. 2018. 58 pp.

Disponible en <http://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/UNITUMBES/245/TESIS%20-%20ALEMAN%20Y%20NEYRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANTA, Alba. Contaminación de lagos y ríos: causas, consecuencias y cómo evitarla [mensaje en un blog]. Lima: Ecología verde. 29 de julio de 2019. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2019].

Disponible en <https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-de-lagos-y-rios-causas-consecuencias-y-como-evitarla-1936.html>

ARGANDOÑA, Ligia y MACÍAS, Ramón. Determinación de sólidos totales, suspendidos, sedimentados y volátiles, en el efluente de las lagunas de oxidación situadas en la parroquia colón, cantón portoviejo, provincia de Manabí, durante el periodo de marzo a septiembre 2013. Tesis (Título para ingeniero químico). Universidad técnica de Manabí. Ecuador. 2013. 211 pp.

Disponible en <20SOLIDOS%20TOTALES%2C%20SUSPENDIDOS%2C%20SEDIMENTADOS%20Y%20VOLATILES.pdf>

BEZERRA, Caroline. Estudo da produção e aplicação de óxidos de grafite e grafeno para remoção de contaminantes em meio aquoso. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade federal de Pernambuco centro de tecnologia e geociências. Brasil. Recife. Febrero 2018. 130 pp.

Disponible en <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/30380>

CORTINEZ, Diego. Preparación de papel de óxido de grafeno para aplicaciones en tratamiento de aguas. Tesis (Título para ingeniero civil químico). Santiago de Chile. 12 de marzo de 2018. 100 pp.

Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/167865/Preparaci%C3%B3n-de-papel-de-%C3%B3xido-de-grafeno-para-aplicaciones-en-tratamiento-de-aguas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CUI, Limei. EDTA functionalized magnetic graphene oxide for removal of Pb (II), Hg (II) and Cu (II) un water treatment: adsorption mechanism and separation property [en línea]. *Revista ScienceDirect*. Vol. 281. December 2015. [Fecha de consulta: 7 de octubre de 2019].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.06.043>

DURU, L Layda; EGE, Duygu y REZA, Ali. Graphene oxides for the removal of heavy and precious metals from wastewater [en línea]. *Revista Springer link*. Vol. 51. 1 de julio de 2016. [Fecha de consulta: 8 de octubre de 2019].

Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10853-016-9913-8>

GONÇALVES, Augusto et al. Nanofiltro de óxido de grafeno para remediación de aguas subterráneas contaminadas. Universidade de São Paulo. Brasil. [en línea]. Octubre 2019. [Fecha de consulta: 8 de noviembre del 2019].

Disponible en <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/29406/19008>
ISSN 2179-9784 (electrónico)

GORDON, Franklin. Aplicabilidad del composito goethita/óxido de grafeno reducido para remover metales pesados de aguas contaminadas. Tesis (Título para ingeniero ambiental). Ecuador. Quito. Escuela Politécnica Nacional. [en línea]. Agosto 2017. [Fecha de consulta: 8 de noviembre del 2019].

Disponible en <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18363>

HARO, Diego. Posible aplicación del Óxido de Grafeno para la remoción de Plomo (PB): aplicando la teoría del funcional de la densidad (DFT). Tesis (Título para ingeniero biofísico). Ecuador. Riobamba. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Septiembre 2015.

Disponible en <http://dspace.epoch.edu.ec/handle/123456789/4803>

HU, Lihua. Fabrication of hyperbranched polyamine functionalized graphene for high - efficiency removal of Pb (II) and methylene blue [en línea]. *Revista ScienceDirect*. Vol. 287. Pages 545 - 556. 1 March 2016. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.11.059>

JUN, Byung-Moon. Comprehensive evaluation on removal of lead by graphene oxide and metal organic framework [en línea]. *Revista Gale Academic Onefile*. Vol. 231. September 2019. [Fecha de consulta: 8 de octubre de 2019].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.076>

KAUR, Navneet. Fabrication of mesoporous nanocomposite of graphene oxide with magnesium ferrite for efficient sequestration of Ni (II) and Pb (II) ions: Adsorption, thermodynamic and kinetic studies [en línea]. *Revista ScienceDirect*. Vol. 253. Pages 111 - 119. October 2019. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.05.145>

LARIOS, Fernando; González, Carlos; Morales, Yennyfer. Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú [en línea]. Universidad San Ignacio de Loyola, *Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL*. Vol. 2, N° 2. 09-25 pp. 2015. [Fecha de consulta: 5 de octubre de 2020].

Disponible en <https://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>

ISSN 2311 – 7613 (versión electrónica)

LI, Xiaohong et al. Preparation, characterization and application of mesoporous silica - grafted graphene oxide for highly selective lead adsorption [en línea]. *Revista ScienceDirect*. Vol. 273. Pages 630 - 637. 1 August 2015. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.03.104>

MA, Ying - Xia et al. One - step fabrication of β - cyclodextrin modified magnetic graphene oxide nanohybrids for adsorption of Pb(II), Cu(II) and methylene blue in aqueous solutions [en línea]. *Revista ScienceDirect*. Vol. 459. Pages 544 - 553. 30 November 2018. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019].
Disponibile en <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.08.025>

MEJILLÓN María y ROMERO, Mariuxi. Elaboración de un filtro de barro compuesto de arcilla roja, óxido de grafeno y nanopartículas de plata para el tratamiento de aguas del río Chimbo. Tesis (Título para ingeniero químico). Universidad de Guayaquil. Colombia. Agosto 2018. 121 pp.
Disponibile en <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/33471>

MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Decreto supremo N° 004-2017-MINAM. 7 de junio de 2017. 10 pp.
<http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

OMS. Intoxicación por plomo y salud. 23 de agosto de 2019 [mensaje en blog]. [fecha de consulta: 15 de enero de 2020].
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>

ORTEGA, Rebeca. Síntesis y reducción de óxido de grafeno y su aplicación en nanoestructuras. Universidad Autónoma Metropolitana. 7 de noviembre de 2018. [en línea] [Fecha de consulta: 26 de septiembre de 2019].
Disponibile en <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ALBA%20RODRIGUEZ%20VILLALON.pdf>

OSORIO, José. Preparación de materiales grafénicos para su uso como electrodos en sistemas electroquímicos de almacenamiento de energía. Universidad de Oviedo. Instituto nacional del carbón. Junio 2016 [en línea] [Fecha de consulta: 13 de noviembre de 2019].
Disponibile en http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/39066/6/TFM_JM%20Osorio%20Mancilla.pdf

PAEZ, Hamilton. Y RINCON, Laura. Uso del óxido de grafeno como adsorbente en la remoción de cromo en una matriz acuosa con características de agua residual producto de la actividad de curtido. Tesis (Título para ingeniero ambiental y sanitario). Universidad de la Salle. Colombia. Bogotá. 1 de enero de 2019. 46 pp.
Disponibile en https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/781

PÉREZ, José. Cómo calcular el coeficiente de cronbach [mensaje en un blog]. (27 de julio de 2014). [fecha de consulta: 6 de noviembre de 2019].
Disponibile en <https://asesoriatesis1960.blogspot.com/2014/07/coeficiente-alfa-de-cronbach.html>

PERÚ: afectados por contaminación de metales pesados en su sangre exigen atención del Estado [mensaje en un blog]. France 24: Cordova, A. Lima. (19 de febrero de 2019). [fecha de consulta: 15 de enero de 2020]
Disponible en <https://www.france24.com/es/20190215-peru-metales-sangre-comunidades-Glencore>

POMA, Liz. Comparación de materiales compuestos a base de óxido de grafeno reducido para remover plomo de efluentes. Tesis (Título para ingeniero físico). Perú: Universidad nacional de ingeniería. Febrero 2017.
Disponible en http://cybertesis.uni.pe/bitstream/uni/10104/1/poma_hl.pdf

RAMOS, Gloria. Efecto de la química superficial del óxido de grafeno en el desarrollo de aplicaciones. Tesis (doctoral de investigación experimental en ingeniería química). Universidad de Alicante. 14 de julio de 2017. 375 pp.
Disponible en <http://hdl.handle.net/10045/71402>

REN, Hong - shan et al. Preparation of a novel nano-Fe₃O₄ / triethanolamine / GO composites to enhance Pb²⁺/Cu²⁺ ions removal [en línea]. *Revista Springer Link*. Vol. 26. N° 10. April 2019. [Fecha de consulta: 8 de octubre de 2019].
Disponible en <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04316-w>
ISSN: 1614-7499

Gobierno del rioja. Salud y metales pesados. 7 de diciembre de 2016.
Disponible en <https://www--larioja--org.insuit.net/medio-ambiente/es/calidad-aire-cambio-climatico/calidad-aire/red-biomonitorizacion-metales-pesados-rioja/salud-metales-pesados#>

SHAHZAD, Asif et al. Heavy metals removal by EDTA - functionalized chitosan graphene oxide nanocomposites [en línea]. *Revista ScienceDirect*. N° 16. 2 February 2017. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019].
Disponible en <https://doi.org/10.1039/c6ra28406j>

SILVA Y TAMAYO. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, Apuntes de Química. Universidad católica los ángeles de Chimbote. 9 julio 2019.
Disponible en <http://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/23.pdf>

SOLÍS, Yuliana; ZÚÑIGA, Luis y MORA, Darner. La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica [en línea]. *Tecnología en Marcha*. Vol. 31. N° 1. Enero 2018. [Fecha de consulta: 8 de noviembre]. Pág. 35-46.
Disponible en <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495>

TERAN, Elvira. Oxidación electroquímica de grafito y su aplicación como soporte de nanopartículas de Pt para la reacción de reducción de oxígeno (RRO) en celdas de combustible. Tesis (doctoral de investigación experimental en ingeniería y ciencias aplicadas). 20 de febrero de 2019. México. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 122 pp.

Disponible en <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/661/TESELL01T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

WANG, Zhi Hang. Tartaric acid modified graphene oxide as a novel adsorbent for high - efficiently removal of Cu (II) and Pb (II) from aqueous solutions [en línea]. *Revista ScienceDirect*. Vol. 66. Pages 181 – 190. September 2016. [Fecha de consulta: 26 de septiembre de 2019].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2016.06.018>

WEI, Bigui et al. Graphene oxide adsorption enhanced by attapulgite to remove Pb (II) from aqueous solution [en línea]. *Revista applied sciences*. China. 2 April 2019. [Fecha de consulta: 8 de noviembre].

Disponible en <https://doi.org/10.3390/app9071390>

WHITE, Rachel et al. Comparative studies on copper adsorption by graphene oxide and functionalized graphene oxide nanoparticles [en línea]. *Revista ScienceDirect*. Egypt. 19 February 2018. [Fecha de consulta: 8 de noviembre].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2018.01.036>

YANG, Lingni. In situ NH₂- functionalized graphene oxide/SiO₂ composites to improve Cu (II) removal from ammoniacal solutions [en línea]. *Revista ScienceDirect*. Vol. 306. Pages 77 – 85. 15 December 2016. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.07.035>

ZARE, Rouholah. Highly efficient simultaneous ultrasonic - assisted adsorption of Pb(II), Cd(II), Ni(II) and Cu(II) ions from aqueous solutions by graphene oxide modified with 2,2'-dipyridylamine: Central composite design optimization [en línea]. *Revista ScienceDirect*. Vol. 32. Pages 265 - 276. September 2016. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019].

Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.03.020>

ZOLEZZI, Camilo. Efecto del grado de oxidación del óxido de grafeno sobre la remoción de contaminantes solubles y particulados. Tesis (Título para ingeniero civil químico). Chile: Universidad de Chile. Diciembre 2017. 83 pp.

Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/148988/Efecto-del-grado-de-oxidacion-del-oxido-de-grafeno-sobre-la-remocion-de-contaminantes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Eficiencia del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey, 2020					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES
VARIABLE INDEPENDIENTE					
Eficiencia del Óxido de Grafeno	Es un material bidimensional, considerado como grafeno funcionalizado con grupos oxigenados. (ORTEGA, párr. 1). Este material se puede obtener mediante el método de Brodie, Staudenmair o Hummer.	Para la eficiencia del material, primero se analizó al grafito obtenido mediante las pilas recicladas para evaluar el rendimiento del material, después se procede a la obtención del óxido de grafeno mediante el método de Hummers. Luego se caracterizó el óxido de grafeno mediante la técnica de difracción de rayos X (XDR)	Caracterización del grafito para la obtención del óxido de grafeno	Humedad	%
				Ceniza	%
				Materia Volátil	%
				Carbono Fijo	%
			Caracterización del óxido de grafeno	Poder Calorífico	Kcal/kg
				Unidad muestral	g
				Color	Gris plomo
			Dosis	Ángulo de difracción	°
				Distancia interplanar	Å
				0.5	%
1					
1.5					
VARIABLE DEPENDIENTE					
Remoción del Pb y Cu	Los Metales pesados, se diferencia de los otros elementos de la tabla periódica debido a su peso atómico, número atómico, densidad o gravedad específica siendo mayor a 5 g/cm^3 y toxicidad, del cual afecta a las células y las proteínas del cuerpo. Por ello se la utiliza procesos para lograr remover los metales pesados, como precipitación química, filtración por membranas, reducción electrolítica, etc. (LOARTE Y SANABRIA, pág. 26, 2015).	Para la remoción, se evaluó los parámetros fisicoquímicos y biológicos iniciales y finales del agua del río Huarmey. Además, se midió la concentración inicial y final de los metales. Para ello, se tomó en cuenta la siguiente ecuación: $\% \text{ Remoción} = \frac{C_0 - C_f}{C_0} \times 100$	Parámetros fisicoquímicos, físicos y biológico del río Huarmey	Temperatura	°C
				pH	0 - 14
				Potencial redox	mV
				Conductividad eléctrica	µS/cm
				Turbidez	NTU
				Sólidos totales	mg/l
				Sólidos disueltos	mg/l
				Sólidos suspendidos totales	mg/l
				DQO	mgO ₂ /l
				OD	mgO ₂ /l
			Parámetro de remoción	pH	0 - 14
				Tiempo	Días
			% de remoción	Ci Y Cf del Pb	mg/l
Ci Y Cf del Cu					

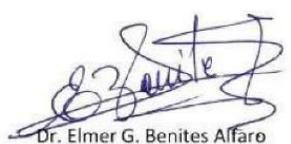
Anexo 2. Matriz de Consistencia

Eficiencia del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey, 2020				
JUSTIFICACIÓN	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE
<p>La investigación se focaliza en la contaminación hídrica, del cual produce un cambio drástico de la calidad del agua debido a la presencia de diversos agentes que lo desequilibran (Anta, 2019). Por ello, La Justificación social de la investigación busca el beneficio de un tratamiento práctico y factible del agua para que la población de Huarmey pueda entender el procedimiento y lo pueda establecerlo en sus cultivos. Por otra parte, en la justificación ambiental de la investigación tiene como finalidad aplicar un material ambientalista a base de óxido de grafeno proveniente del grafito, ya que se caracteriza por ser un buen absorbente y por ello, se utilizará para reducir las concentraciones de Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey y así mejorar la calidad del agua y minimizar el impacto negativo. Según Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM (2017, pág. 18), en la categoría 3 titulado riego de vegetales y bebida de animales, el estándar de calidad ambiental de la concentración del Pb y Cu son 0.0025 mg/l y 0.1 mg/l respectivamente. Por ello, se propone remover estos metales a través del óxido de grafeno obtenido mediante el método de Hummers, buscando la eficiencia del óxido de grafeno considerando el tiempo y la cantidad de adsorción. Así mismo, en la justificación económica de la investigación se visualiza la extracción del grafito a través de las pilas reciclables, que son materiales de bajo costo y de fácil accesibilidad. Por lo que es de manera económica y viable para reducir los contaminantes en excesos y dañinos para la salud.</p>	PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE
	¿Qué tan eficiente es el óxido de grafeno para remover Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey?	Determinar la eficiencia del óxido de grafeno para remover Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey.	Es eficiente el óxido de grafeno para remover Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey.	Eficiencia del Óxido de grafeno
	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLE DEPENDIENTE
	<p>¿Cuáles son los parámetros fisicoquímicos, físicos y biológicos iniciales y finales del río Huarmey?</p> <p>¿Qué técnicas se utilizan para caracterizar al grafito y óxido de grafeno?</p> <p>¿Cuál es la dosis óptima del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu?</p>	<p>Determinar los parámetros fisicoquímicos, físicos y biológicos iniciales y finales del río Huarmey</p> <p>Caracterizar al grafito por el método ASTM y al OG por difracción de rayos x</p> <p>Determinar la dosis óptima del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu</p>	<p>Los parámetros fisicoquímicos, físicos y biológicos iniciales y finales del río Huarmey se encuentran por encima de los estándares de calidad ambiental</p> <p>Las técnicas utilizadas para caracterizar al grafito y OG son fundamentales para determinar la particularidad y estructura del material</p> <p>La dosis óptima del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu depende del periodo de tratamiento</p>	Remoción del Pb y Cu

Anexo 3. Instrumentos de recolección de datos

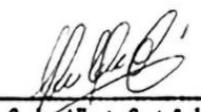
Ficha 1: Ubicación de la zona de estudio	
Título	"Eficiencia del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey, 2020"
Línea de investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
Integrantes	Delgado Ramirez, Xiomara Ximena Mendoza Guillen, Rene Brayans
Asesor	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto
Lugar de Ubicación	
Dirección	A 500 metros de la ex hacienda manidinga
Distrito	Huarmey
Provincia	Huarmey
Departamento	Ancash

EXPERTO 1



Dr. Elmer G. Benites Alfaro
CIP 71998

EXPERTO 2



Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
DOCENTE E INVESTIGADOR
CIP: 130267
RENACYT: P0078275

EXPERTO 3



LUIS FERNANDO
MENDOZA APOLAYA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP N° 213529

Ficha 2: Caracterización del agua del río Huarmey												
Título		Eficiencia del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey, 2020										
Línea de investigación		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales										
Integrantes		Delgado Ramirez, Xiomara Ximena Mendoza Guillen, Rene Brayans										
Asesor		Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto										
Características del agua												
		Parámetros Fisicoquímicos					Parámetros Físicos			Parámetros Biológicos		
		Temperatura (°C)	pH	Potencial Redox (mV)	Conductividad eléctrica (S/cm)	Turbidez (NTU)	Sólidos Totales (mg/l)	Sólidos disueltos (mg/l)	Sólidos Suspendedos totales (mg/l)	DQO (mgO ₂ /l)	OD (mgO ₂ /l)	
Inicial		20.2	7.47	102	1334	45.23	1313	706	607	320	4.79	
E1	7 Días	0.5%OG	21.3	7.11	103.00	908.00	35.21	854.67	727.33	127.33	282.22	4.63
		1%OG	21.2	2.73	153.00	1290.00	43.32	1090.67	925.67	165.00	399.67	3.11
		1.5%OG	21.3	3.17	134.67	1496.33	45.29	1140.00	979.67	160.33	566.33	1.92
E2	14 Días	0.5%OG	21.7	7.45	106.33	1753.67	28.37	794.67	678.00	116.67	239.67	4.77
		1%OG	21.7	2.44	165.00	2751.00	40.13	953.67	760.33	193.33	326.33	3.06
		1.5%OG	21.7	2.34	182.67	3247.67	41.46	995.67	751.67	244.00	411.00	1.81
E3	21 Días	0.5%OG	22	7.43	113.67	1448.00	15.21	758.33	659.00	99.33	118.00	5.12
		1%OG	22	2.35	165.00	3021.00	40.61	846.33	722.00	126.00	229.33	4.24
		1.5%OG	22	2.26	179.33	3582.00	41.71	891.33	737.00	152.67	308.33	2.32

E1: Etapa1, E2: Etapa2 y E3: Etapa3

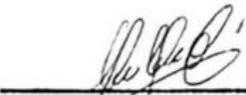
OG: Óxido de grafeno

EXPERTO 1



Dr. Elmer G. Benites Alfaro
CIP 71998

EXPERTO 2



Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
DOCENTE E INVESTIGADOR
CIP: 130267
RENACYT: P0078275

EXPERTO 3



LUIS FERNANDO
MENDOZA APOLAYA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP N° 213529

Ficha 3: Caracterización del grafito y óxido de grafeno

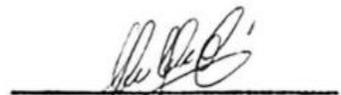
Título	Eficiencia del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey, 2020								
Línea de investigación	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales								
Integrantes	Delgado Ramirez, Xiomara Ximena Mendoza Guillen, Rene Brayans								
Asesor	Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto								
Caracterización del grafito						Caracterización del óxido de grafeno			
%Humedad	%Material Volátil	%Ceniza	% Carbono Fijo	Poder calorífico (Kcal/kg)	Peso (g)	Ángulo de difracción (°)		Distancia interplanar (Å)	
						Pico A	Pico B	Pico A	Pico B
0.94	4.81	17.22	77.97	6970.74	4,8,12	5.375	10.52	8.2232	4.2190

EXPERTO 1



Dr. Elmer G. Benites Alfaro
CIP 71998

EXPERTO 2



Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
DOCENTE E INVESTIGADOR
CIP: 130267
RENACYT: P0078275

EXPERTO 3



LUIS FERNANDO
MENDOZA APOLAYA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP N° 213529

Ficha 4: Remoción de Pb y Cu para cada etapa realizada										
Título		Eficiencia del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey, 2020								
Línea de investigación		Calidad y Gestión de los Recursos Naturales								
Integrantes		Delgado Ramirez, Xiomara Ximena Mendoza Guillen, Rene Brayans								
Asesor		Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto								
% de reducción										
Metales Pesados			Pb Inicial (mg/l)	Pb Final (mg/l)			Cu Inicial (mg/l)	Cu Final (mg/l)		
			0.16691	R1	R2	R3	2.435	R1	R2	R3
E1	7 Días	0.5%OG		0.0624	0.0515	0.0746		1.486	1.476	1.456
		1%OG		0.1059	0.1009	0.1079		2.406	2.398	2.399
		1.5%OG		0.1537	0.1529	0.1509		2.401	2.413	2.411
E2	14 Días	0.5%OG		0.0219	0.0269	0.0259		0.636	0.646	0.676
		1%OG		0.0988	0.0978	0.0987		2.291	2.282	2.311
		1.5%OG		0.1259	0.1269	0.1219		2.321	2.386	2.346
E3	21 Días	0.5%OG		0-0002	0.0006	0.0003		0.005	0.003	0.001
		1%OG		0.0613	0.0544	0.0619		1.458	1.471	1.469
		1.5%OG		0.1165	0.1174	0.117		1.564	1.534	1.529

E1: Etapa1, E2: Etapa2 y E3: Etapa3

R1: Repetición1, R2: Repetición2 y R3: Repetición3

OG: Óxido de grafeno

EXPERTO 1



Dr. Elmer G. Benites Alfaro
CIP 71998

EXPERTO 2



Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
DOCENTE E INVESTIGADOR
CIP: 130267
RENACYT: P0078275

EXPERTO 3



LUIS FERNANDO
MENDOZA APOLAYA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP N° 213529

Anexo 4. Evidencias Fotográficas



Figura 8. Terminal de Huarney



Figura 9. Extracción y tabulación de la muestra inicial

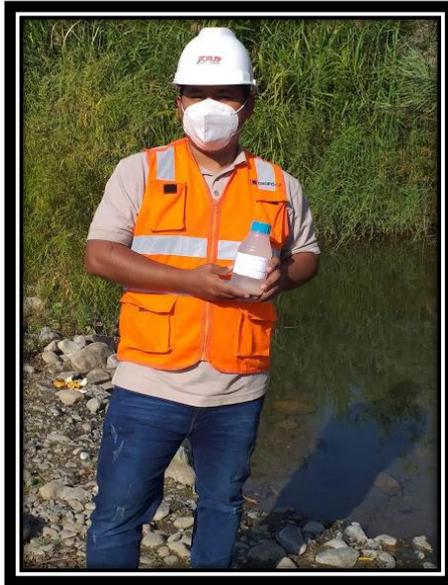


Figura 10. Muestra exportada para el laboratorio



Figura 11. Medición insitu del pH en el río Huarmey

**INFORME DE ENSAYO N° 204367
CON VALOR OFICIAL**

Razón Social : XIOMARA XIMENA DELGADO RAMIREZ
 Domicilio Legal : Reservado por el cliente
 Solicitado Por : XIOMARA XIMENA DELGADO RAMIREZ
 Referencia : Cotización N°2562-20
 Proyecto : Eficiencia del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey, 2020
 Procedencia : Reservado por el cliente
 Muestreo Realizado Por : EL CLIENTE
 Cantidad de Muestra : 2
 Producto : Agua natural
 Fecha de Recepción : 02/11/2020
 Fecha de Ensayo : 02/11/2020 al 11/11/2020
 Fecha de Emisión : 11/11/2020

I. Resultados

Código de Laboratorio	204367-01	204367-02
Código de Cliente	MI	T2-05
Fecha de Muestreo	07/10/2020	02/11/2020
Hora de Muestreo (H)	15:00	10:00
Tipo de Producto	Agua de Río	Agua de Río

Lugar de ensayo (Laboratorio Inorgánico)				
Tipo Ensayo	Unidad	L.D.M.	Resultados	
Metales Totales (ICP-AES)				
Cu Cobre	mg/L	0,0005	0,1668	<0,0005
Pb Plomo	mg/L	0,0004	2,438	<0,0004

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método, L.D.M. = Límite de detección del método, "—" = No Analizado, "<"= Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado, ">" = Mayor al rango de trabajo

II. Métodos y Referencias

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Metales (ICP-AES)		
Metales Totales (Plata, Aluminio, Arsénico, Boro, Bario, Berilio, Calcio, Cadmio, Cerio, Cobalto, Cromo, Cobre, Hierro, Potasio, Litio, Magnesio, Manganeso, Molibdeno, Sodio, Níquel, Fósforo, Plomo, Antimonio, Selenio, Silicio, Estafío, Estroncio, Titanio, Talio, Vanadio, Zinc)	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

SIGLAB: "EPA" U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis.


 Ing. Jessica Tapia C.
 Gerente de Calidad, Seguridad, Salud
 y Ambiente
 C.I.P. N° 238897

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada, según la cadena de custodia correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de custodia de la muestra es de 30 días calendario desde el ingreso de la muestra al laboratorio. El tiempo de custodia del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 4 años. El tiempo de preservabilidad de la muestra está en función a lo indicado en los métodos normalizados de ensayo y sólo desde la toma de muestra. Está permitida la reproducción parcial del presente documento, salvo autorización de Envirotest S.A.C. Los resultados se relacionan solamente con los ítems de ensayo. Para verificar la autenticidad del presente informe de ensayo solicitar información al correo info@envirotest.com.pe

**** FIN DEL INFORME ****

Figura 12. Resultados del laboratorio Envirotest



Figura 13. Extracción de la primera muestra



Figura 14. Extracción de la segunda muestra



Figura 15. Extracción de la tercera muestra



Figura 16. Medición del largo del río Huarmey



Figura 17. Medición del ancho del río Huarmey



Figura 18. Pilas recicladas



Figura 19. Desenvolvimiento de las pilas



Figura 20. Extracción de grafito



Figura 21. Grafitos en físico



Figura 22. Grafitos triturados con el mortero de losa



Figura 23. 4g del óxido de grafeno

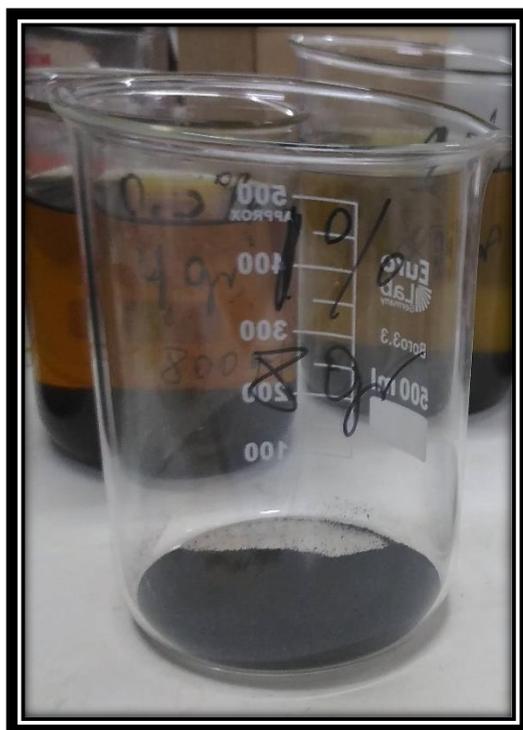


Figura 24. 8g del óxido de grafeno

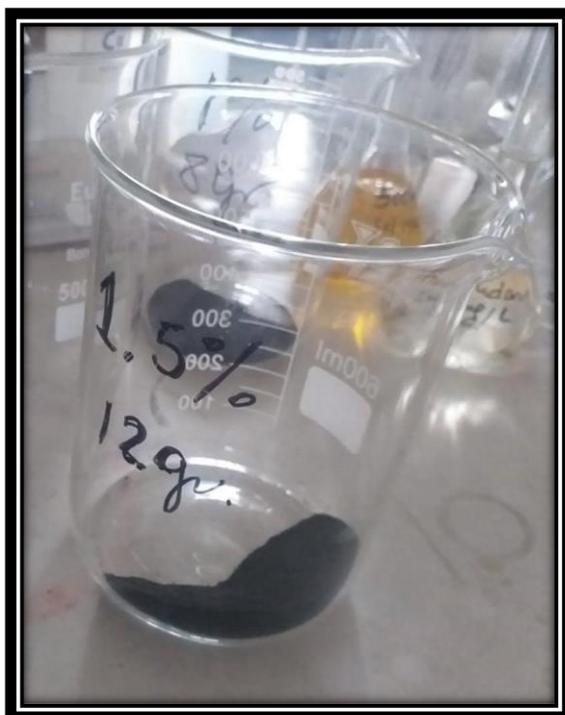


Figura 25. 12g del óxido de grafeno

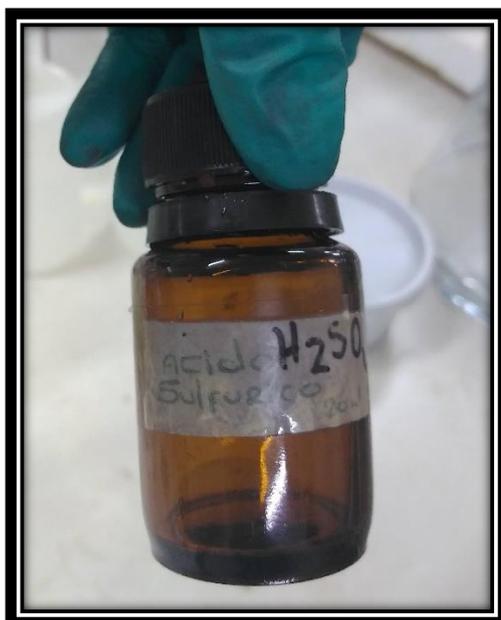


Figura 26. Ácido sulfúrico



Figura 27. Ácido clorhídrico



Figura 28. Permanganato de potasio



Figura 29. Peróxido de hidrógeno



Figura 30. Reacción del reactivo



Figura 31. Obtención del OG para la dosis 0.5%



Figura 32. Óxido de grafeno en decantación

SOLICITUD PARA REALIZAR ANÁLISIS DE MUESTRA

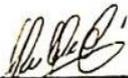
Jueves, 10 de diciembre de 2020

Laboratorio INKALLOYS
Jefe del Laboratorio

Yo, Rene Brayans Mendoza Guillén, estudiante de décimo ciclo de la carrera de ingeniería ambiental con D.N.I 47865000 y con código de estudiante 6700288524, domiciliado en Urb. Virgen del Carmen Mz B Lt 6 B, me dirijo a ustedes para solicitar la caracterización de muestras de óxido de grafeno que fueron obtenidas en el desarrollo de mi proyecto de investigación titulado "Eficiencia del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey, 2020", con el asesor y docente investigador Dr. Castañeda Olivera Carlos Alberto, con CIP 130267.

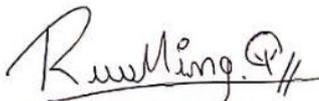
Por lo expuesto, pido a Ud. admitir mi solicitud y obtener una cotización accesible como estudiante de pregrado.

Agradezco anticipadamente la atención.



Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
DOCENTE E INVESTIGADOR
CIP: 130267
RENACYT: P0078275

Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto



Mendoza Guillén, Rene Brayans

Figura 33. Solicitud del laboratorio INKALLOYS para el análisis de OG



Agente

ESTAB. : FARMACIA UNIVERSITY

TERM. HORA FECHA OPERACIÓN

03588 17:43 12/12/2020 705

DEPOSITO EFECTIVO

C.ABONO: 0011-0340-0100029978

TITULAR: INKALLOYS PERU SOCIEDAD

IMPORTE : S/448.40

ITF : S/0.00

REF. :

ATENCIÓN AL CLIENTE: 01-5950000

CLA.VAL: B502/BV/03588/705

CLTENTE

INKALLOYS

EN CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

46, Of. 1403, Lima 1-Perú

Nro. COTIZACIÓN: 0213-2020-DRX

FECHA: 12-12-20

CLIENTE ID: LA-210616

VÁLIDO HASTA: 27-12-20

Según lo solicitado, le hacemos llegar nuestra propuesta técnica económica:

Análisis de Óxido de Grafeno

Descripción: Análisis para Proyecto de Investigación

Muestra proporcionada por el solicitante:

- Número de muestras: 1
- Cantidad requerida: 1 g

Item	N° DE ENSAYOS	DESCRIPCIÓN	Cod.	PRECIO UNIT.	CANT.	TOTAL
1	1	Análisis de Óxido de Grafeno (Proy. Investigación)	DRX	S/ 380.00	1	S/ 380.00
Subtotal						S/ 380.00
IGV						S/ 68.40
TOTAL						S/ 448.40

Cta. Cte. Soles BBVA Continental : 0011 0340 0100029978 72

Cta. Interbancaria CCI : 011 - 340 - 000100029978 - 72

Cta. Cte. Detracciones Banco de la Nación : 00-024-047342

Razón Social : Inkalloys Perú S.A.C.

Tiempo de entrega: 5 días hábiles, contados a partir de la recepción de la muestra y la OC del servicio.

IMPORTANTE: El costo final incluye, la preparación de muestra, y el servicio de medida. Asimismo se entregará un informe técnico con el resultado obtenido.

Para realizar el análisis, debe proporcionarnos la **Ficha Técnica (CoA)** de la muestra y las medidas de seguridad a tener en cuenta con el material a analizar.

Si usted tiene alguna pregunta sobre esta cotización, por favor, póngase en contacto a:
info@inkalloys.com / Telf: +(511) 6069209 - Cel: 929808958

Gracias por confiar en nosotros!

Página 1

Figura 34. Cotización para el análisis de óxido de grafeno



Lima 17 de diciembre de 2020

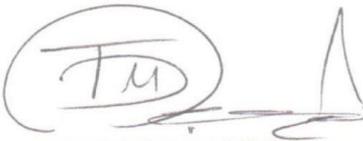
Sr.
René Mendoza Guillen
Universidad César Vallejo
Presente. -

De nuestra consideración y estima personal:

Nos es grato dirigirnos a Ud. con el fin de saludarlo y hacerle llegar el informe respectivo del análisis de identificación de Óxido de Grafeno a través de la técnica de Difracción de Rayos x (DRX), de acuerdo con la cotización N° 0213-2020-DRX.

Sin otro particular quedamos de usted.

Atentamente,



MSc. Manolo M. Taquire De la Cruz
 INKALLOYS PERU S.A.C.



INKALLOYS PERÚ
Av. Oscar R. Benavides 3046, Of. 1403, Lima 1-Perú 
(+511) 6069209 / 929808958 
info@inkalloys.com 
www.inkalloys.com 

Figura 35. Notificación del análisis de óxido de grafeno

1. Reporte del ensayo por Difracción de Rayos X (DRX)

Informe N°064-DRX-2020

Fecha: 17 de diciembre de 2020

Solicitante: René Mendoza Guillen

Empresa: Universidad César Vallejo.

Código de la muestra: Óxido de Grafeno

2. Información experimental del equipo de DRX

- El análisis se realizó en un difractómetro marca BRUKER AXS, modelo D8-ENDEAVOR
- Se empleó un tubo de Cu cuya longitud de onda, correspondiente a $K\alpha_1$ -Cu, es $\lambda=1.5406\text{\AA}$.
- Rango angular de análisis (2θ) :
Inicio: 5° .
Final: 70° .
Paso: 0.02° .
Tiempo por paso: 0.5 seg.
- Generador Rayos-X:
Voltaje de salida del tubo= 40 kV.
Corriente de salida del tubo = 30 mA.

3. Característica de la muestra analizada

Se analizó 1 muestra en forma de polvo color gris plomo.

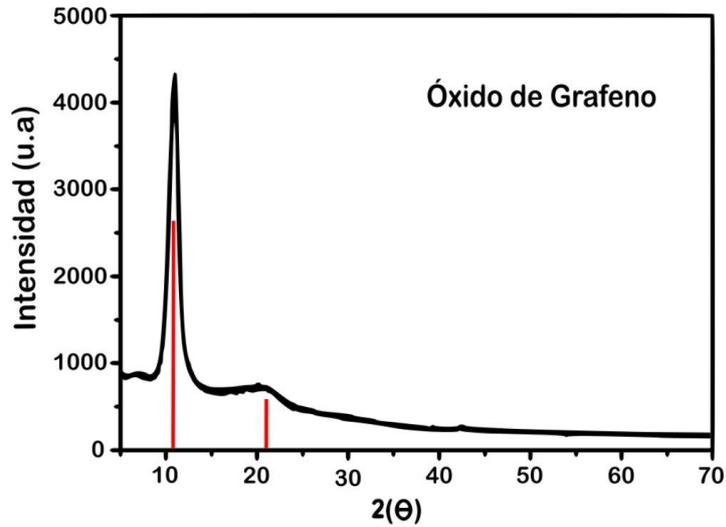
Tabla 1. Codificación de la muestra.

Inkalloys Perú Cod: DRX	Codificación Solicitante
Óxido de Grafeno	Óxido de Grafeno



Figura 36. Reporte del ensayo por DRX

4. Resultados del ensayo de Difracción de Rayos X



5. Conclusiones

Nº	ENSAYO	ANÁLISIS	ESPECIFICACIONES
1	Óxido de Grafeno	DRX	Se identifica las reflexiones del patrón de difracción en las posiciones 2(θ): $2(\theta_1) = 10.75 \pm 0.2$ $2(\theta_2) = 21.04 \pm 0.2$



Figura 37. Resultado del análisis del óxido de grafeno



Figura 38. Los tratamientos sin óxido de grafeno



Figura 39. Los tratamientos con óxido de grafeno



Figura 40. Primera etapa



Figura 41. Segunda etapa

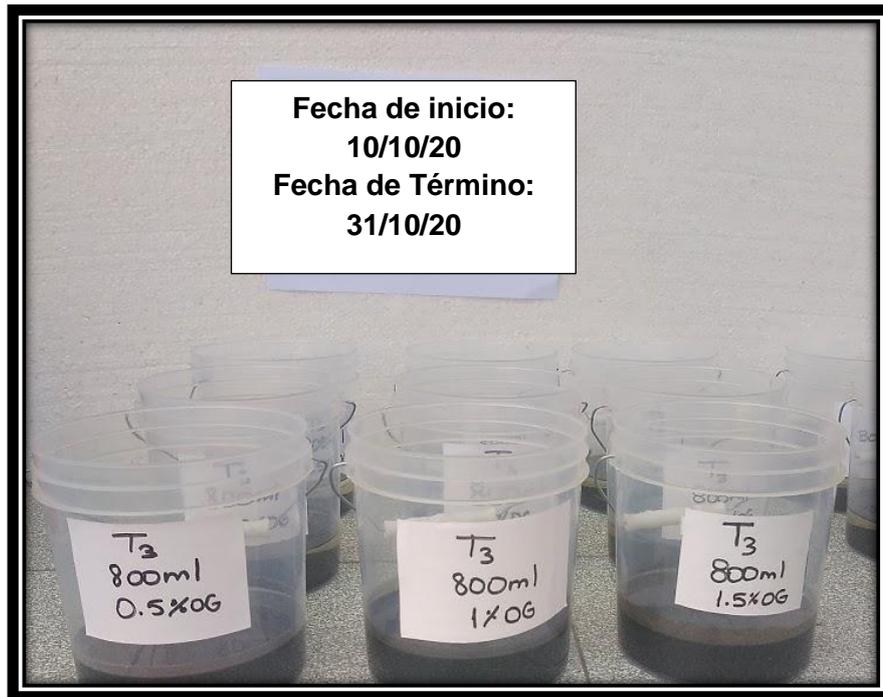


Figura 42. Tercera etapa



Figura 43. Primer reactivo para el parámetro OD



Figura 44. Reacción del primer reactivo para el parámetro OD



Figura 45. Segundo reactivo para el parámetro OD



Figura 46. Reacción del primer reactivo para el parámetro OD



Figura 47. Tercer reactivo para el parámetro OD



Figura 48. Reacción del tercer reactivo para el parámetro OD



Figura 49. Reacción del tercer reactivo para el parámetro OD



Figura 50. Agente almidón utilizado en el parámetro OD

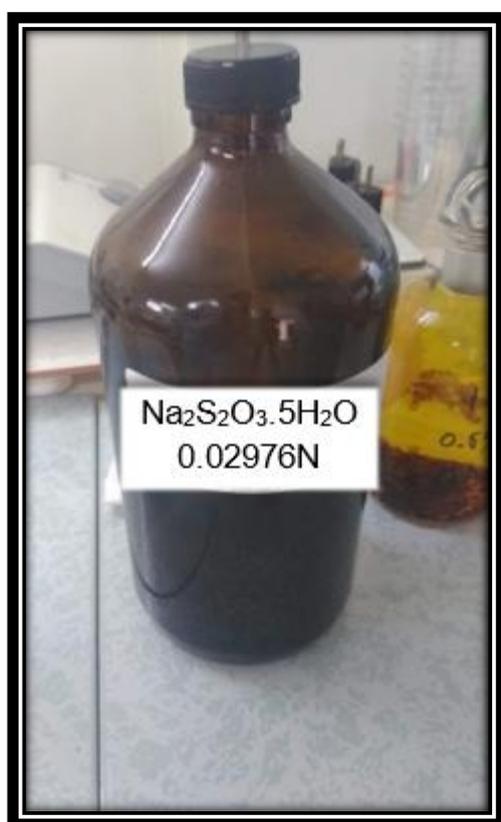


Figura 51. Indicador sodio tiosulfato utilizado en el parámetro OD

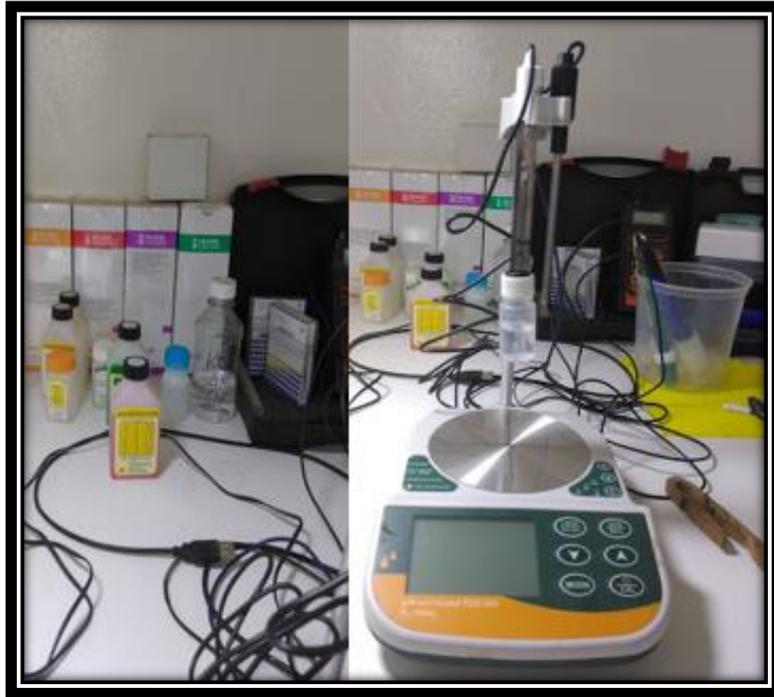


Figura 52. Equipo multiparametro



Figura 53. Medición de la temperatura



Figura 54. Equipo de turbidez

SOLICITUD: Validación de instrumento de recojo de información.

Dr. Ing. Elmer Gonzales, Benites Alfaro

Nosotros; Delgado Ramirez, Xiomara Ximena identificada con DNI N° 73639549 alumna de la EAP de Ingeniería Ambiental y Mendoza Guillen, Rene Brayans identificado con DNI N° 47865000 alumno de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable la recolección de datos necesarios para la tesis titulada "Eficiencia del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey, 2020"
Solicito a Ud.

Valide del instrumento que adjunto bajo los criterios académicos correspondientes.

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de Operalización de variables

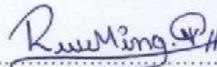
Por tanto:

Ruego atender mi petición.

Lima, 18 de noviembre del 2020.



Delgado Ramirez, Xiomara Ximena
DNI N° 73639549



Mendoza Guillen, Rene Brayans
DNI N° 47865000

Figura 55. Solicitud de validación de los instrumentos para el 1 experto

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. Ing. Elmer Gonzales, Benites Alfaro
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente UCV Lima Norte
- 1.3 Especialidad o línea de investigación:
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ubicación de la zona de estudio
- 1.5 Autores de Instrumento: Delgado Ramirez, Xiomara Ximena y Mendoza Guillen, Rene Brayans

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

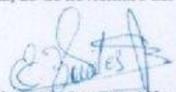
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 25 de noviembre del 2020


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 Firma de **71098** formante

DNI No. Telf.:

Figura 56. Validación de la ficha 1 por el 1 experto

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. Ing. Elmer Gonzales, Benites Alfaro
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente UCV Lima Norte
- 1.3 Especialidad o línea de investigación:
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Caracterización del agua del río Huarney
- 1.5 Autores de Instrumento: Delgado Ramirez, Xiomara Ximena y Mendoza Guillen, Rene Brayans

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

sí
no

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 25 de noviembre del 2020


 Firma del experto informante
Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 DNI No. CIP: 71998

Figura 57. Validación de la ficha 2 por el 1 experto

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. Ing. Elmer Gonzales, Benites Alfaro
 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente UCV Lima Norte
 1.3 Especialidad o línea de investigación:
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Caracterización del grafito y óxido de grafito
 1.5 Autores de Instrumento: Delgado Ramírez, Xiomara Ximena y Mendoza Guillen, Rene Brayans

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 25 de noviembre del 2020

Dr. Elmer G. Benites Alfaro

Firma del responsable

CIP: 71998
 DNI No..... Telf:.....

Figura 58. Validación de la ficha 3 por el 1 experto

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. Ing. Elmer Gonzales, Benites Alfaro
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente UCV Lima Norte
- 1.3 Especialidad o línea de investigación:
- 1.4 Nombre del instrumento: Remoción de Pb y Cu para cada etapa realizada
- 1.5 Autores de Instrumento: Delgado Ramirez, Xiomara Ximena y Mendoza Guillen, Rene Brayans

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

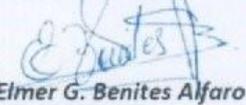
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

x

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 25 de noviembre del 2020


Dr. Elmer G. Benites Alfaro

Firma CIP: 71998 Formante
 DNI No..... Telf:.....

Figura 59. Validación de la ficha 4 por el 1 experto

SOLICITUD: Validación de
instrumento de recojo de información.

Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto

Nosotros; Delgado Ramirez, Xiomara Ximena identificada con DNI N° 73639549 alumna de la EAP de Ingeniería Ambiental y Mendoza Guillen, Rene Brayans identificado con DNI N° 47865000 alumno de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable la recolección de datos necesarios para la tesis titulada "Eficiencia del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu presentes en aguas del río Huarmey, 2020"
Solicito a Ud.

Valide del instrumento que adjunto bajo los criterios académicos correspondientes.

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de Operalización de variables

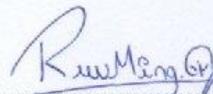
Por tanto:

Ruego atender mi petición.

Lima, 18 de noviembre del 2020.



.....
Delgado Ramirez, Xiomara Ximena
DNI N° 73639549



.....
Mendoza Guillen, Rene Brayans
DNI N° 47865000

Figura 60. Solicitud de validación de los instrumentos para el 2 experto

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente e investigador/ UCV Lima norte
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: Tecnología mineral y ambiental
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ubicación de la zona de estudio
- 1.5 Autores de Instrumento: Delgado Ramírez, Xiomara Ximena y Mendoza Guillen, Rene Brayans

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

si
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 03 de diciembre del 2020


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130287
 RENACRY: 90678275

Figura 61. Validación de la ficha 1 por el 2 experto

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente e investigador/ UCV Lima norte
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: Tecnología mineral y ambiental
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Caracterización del agua del río Huarney
- 1.5 Autores de Instrumento: Delgado Ramirez, Xiomara Ximena y Mendoza Guillen, Rene Brayans

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

si
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 03 de diciembre del 2020



Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACRYT: P0078275

Figura 62. Validación de la ficha 2 por el 2 experto

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto
 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente e investigador/ UCV Lima norte
 1.3 Especialidad o línea de investigación:
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Caracterización del grafito y óxido de grafeno
 1.5 Autores de Instrumento: Delgado Ramirez, Xiomara Ximena y Mendoza Guillen, Rene Brayans

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

si
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 03 de diciembre del 2020

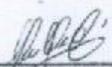

Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130287
 RENACYT: P0078275

Figura 63. Validación de la ficha 3 por el 2 experto

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto
- 1.2 Cargo e institución donde labora: Docente e investigador/ UCV Lima norte
- 1.3 Especialidad o línea de investigación: Tecnología mineral y ambiental
- 1.4 Nombre del instrumento: Remoción de Pb y Cu para cada etapa realizada
- 1.5 Autores de Instrumento: Delgado Ramirez, Xiomara Ximena y Mendoza Guillen, Rene Brayans

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

si
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 03 de diciembre del 2020

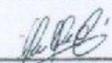

Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130287
 RENACYT: P0078275

Figura 64. Validación de la ficha 4 por el 2 experto

SOLICITUD: Validación de
instrumento de recojo de información.

Ing. Mendoza Apolaya, Luis Fernando

Nosotros; Delgado Ramirez, Xiomara Ximena identificada con DNI N° 73639549 alumna de la EAP de Ingeniería Ambiental y Mendoza Guillen, Rene Brayans identificado con DNI N° 47865000 alumno de la EAP de Ingeniería Ambiental, a usted con el debido respeto me presento y le manifiesto:

Que siendo requisito indispensable la recolección de datos necesarios para la tesis titulada "Eficiencia del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu presentes en aguas del río Huarney, 2020"
Solicito a Ud.

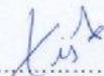
Valide del instrumento que adjunto bajo los criterios académicos correspondientes.

- Instrumento
- Ficha de evaluación
- Matriz de Operalización de variables

Por tanto:

Ruego atender mi petición.

Lima, 18 de noviembre del 2020.


.....
Delgado Ramirez, Xiomara Ximena
DNI N° 73639549

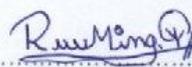

.....
Mendoza Guillen, Rene Brayans
DNI N° 47865000

Figura 65. Solicitud de validación de los instrumentos para el 3 experto

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Ing. Mendoza Apolaya, Luis Fernando
- 1.2 Cargo e institución donde labora:
- 1.3 Especialidad o línea de investigación:
- 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ubicación de la zona de estudio
- 1.5 Autores de Instrumento: Delgado Ramirez, Xiomara Ximena y Mendoza Guillen, Rene Brayans

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Lima, 18 de noviembre del 2020



LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213529

Firma del experto informante

DNI No..... Telf:.....

Figura 66. Validación de la ficha 1 por el 3 experto

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Ing. Mendoza Apolaya, Luis Fernando
 1.2 Cargo e institución donde labora:
 1.3 Especialidad o línea de investigación:
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Caracterización del agua del río Huarmey
 1.5 Autores de Instrumento: Delgado Ramirez, Xiomara Ximena y Mendoza Guillen, Rene Brayans

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

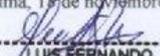
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Lima, 18 de noviembre del 2020



LUIS FERNANDO MENDOZA APOLAYA
INGENIERO AMBIENTAL
Reg. CIP N° 213529

Firma del experto informante
 DNI No..... Telf:.....

Figura 67. Validación de la ficha 2 por el 3 experto

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Ing. Mendoza Apolaya, Luis Fernando
 1.2 Cargo e institución donde labora:
 1.3 Especialidad o línea de investigación:
 1.4 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Caracterización del grafito y óxido de grafeno
 1.5 Autores de Instrumento: Delgado Ramirez, Xiomara Ximena y Mendoza Guillen, Rene Brayans

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

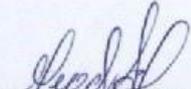
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %


 Lima, 14 de febrero del 2020
MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213529

Firma del experto informante
 DNI No..... Telf:.....

Figura 68. Validación de la ficha 3 por el 3 experto

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Ing. Mendoza Apolaya, Luis Fernando
- 1.2 Cargo e institución donde labora:
- 1.3 Especialidad o línea de investigación:
- 1.4 Nombre del instrumento: Remoción de Pb y Cu para cada etapa realizada
- 1.5 Autores de Instrumento: Delgado Ramirez, Xiomara Ximena y Mendoza Guillen, Rene Brayans

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

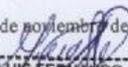
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Lima, 18 de noviembre del 2020



 LUIS FERNANDO
 MENDOZA APOLAYA
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 213529

Firma del experto informante
 DNI No..... Telf.....

Figura 69. Validación de la ficha 4 por el 3 experto

Constancia

Scotiabank 01 oct. 03:26 pm

Transferencia a otra cuenta Scotiabank

Número de operación 704 465 553 6718

Cuenta de origen: Cta. Free
*** 2920

Monto enviado: S/ 250.00

Cuenta de destino: Universidad Nacional De Ingenieria
Cta. Cte. Soles
000-2109263

Descripción de la operación: rene

Te hemos enviado este constancia a: a*****@gmail.com

Solicitud de Apoyo para realizar los análisis de tesis

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

3, Xiomara Ximena, identificado con DNI 8
 Guillen, Rene Brayans, identificado con DNI 8
 pertenecen a la escuela de Ingeniería
 Cesar Vallejo, nos dirigimos a la
 con respeto y expongo 8

Que recurrimos a la institución a fin de solicitar el apoyo para realizar nuestros análisis de tesis titulada "Eficiencia del óxido de grafeno para la remoción de Pb y Cu de un efluente industrial", y así poder continuar con el desarrollo de nuestra investigación antes mencionada.

Por lo expuesto

Pido acceder a nuestra solicitud mencionada para su colaboración y conocimiento.

Atentamente.

San Martín de Porres, 01 de octubre, 2020



Rus

Delgado Ramirez,
 Ximena Ximena
 DNI: 73639549
 17/10/20

Rene Guillen

Mendoza Guillen,
 Rene Brayans
 DNI: 47865000 ✓

Figura 70. Solicitud del laboratorio de la UNI para el análisis del agua



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Análisis inicial de agua del Rio Huarmey

Solicitado por: Xiomara Ximena Delgado Ramírez

Procedencia de la Muestra: Ex hacienda mandinga - Rio Huarmey

Recepción de la Muestra: 05/Octubre/2020

Código	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno Acido / base	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Potencial redox mV
CI-ARH	20.2	7.47	1334	102

Código	Sólidos totales gr	Sólidos disueltos gr	Sólidos Suspendedos totales mg/L	Turbidez NTU
CI-ARH	1313	706	607	45.23

Código	Oxígeno Disuelto mgO_2/L	DQO mgO_2/L	DBO ₅ mgO_2/L	Pb mg/L	Cu mg/L
CI-ARH	4.793	320	23.968	0.16691	2.4358

Código	Humedad %	Materia Volátil %	Cenizas %	Carbono Fijo %	Poder Calorífico Kcal/ kg
CI-Grafito	0.94	4.81	17.22	77.97	6970.74

Método: Potenciométrico, Método: Gravimétrico, Método: Winkler, Método: ASTM, D2216, D3175, D5142, D3172, D5865, Método EPA 3050 AA.

Lima, 15 de Octubre del 2020


MSc. Atilio Mendoza
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Figura 71. Resultado del análisis inicial del agua y del grafito



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Análisis de los tratamientos de agua del Rio Huarmey

Solicitado por: Xiomara Ximena Delgado Ramirez

Procedencia de la Muestra: Ex hacienda mandinga - Rio Huarmey

Recepción de la muestra: 05/Noviembre/2020

PRIMERA ETAPA:

Código	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno Acido / base	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}$	Potencial redox mV
E1- (1- 0.5%)	21.3	7.15	880	104
E1 - (2-0.5%)	21.3	7.08	979	100
E1 - (3-0.5%)	21.3	7.10	865	105
E1 - (1-1%)	21.2	3.06	1195	162
E1 - (2-1%)	21.2	3.09	1290	145
E1 - (3-1%)	21.2	3.36	1385	152
E1 - (1-1.5%)	21.3	2.63	1513	136
E1 - (2-1.5%)	21.3	2.77	1486	139
E1 - (3-1.5%)	21.3	2.80	1490	129

Código	Sólidos Totales gr	Sólidos Disueltos gr	Sólidos Suspendidos Totales mg/L	Turbidez NTU
E1 - (1- 0.5%)	853	730	123	36.00
E1 - (2-0.5%)	856	736	120	34.21
E1 - (3-0.5%)	855	716	139	35.41
E1 - (1-1%)	1089	886	203	43.30
E1 - (2-1%)	1109	940	169	42.21
E1 - (3-1%)	1074	951	123	44.45
E1 - (1-1.5%)	1191	985	206	45.65
E1 - (2-1.5%)	1107	971	136	45.12
E1 - (3-1.5%)	1122	983	139	45.09

Método potenciométrico, método gravimétrico, método fotométrico.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Figura 72. Resultado del parámetro fisicoquímico y físico de la primera etapa



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

PRIMERA ETAPA:

Código	Oxígeno Disuelto mgO ₂ /L	Demanda Química Oxígeno mgO ₂ /L	Pb reducción mg/l	Cu reducción mg/l
E1 – (1- 0.5%)	4.55	266.67	0.0624	1.486
E1 – (2-0.5%)	4.79	300	0.0515	1.476
E1 – (3-0.5%)	4.55	280	0.0746	1.456
E1 – (1-1%)	3.35	400	0.1059	2.406
E1 – (2-1%)	3.11	366	0.1009	2.398
E1 – (3-1%)	2.87	433	0.1079	2.399
E1 – (1-1.5%)	2.15	533	0.1537	2.401
E1 – (2-1.5%)	1.92	566	0.1529	2.413
E1 – (3-1.5%)	1.68	600	0.1509	2.411

SEGUNDA ETAPA:

Código	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno Acido / base	Conductividad eléctrica µS/cm	Potencial redox mV
E2- (1- 0.5%)	21.7	7.38	1745	104
E2 – (2-0.5%)	21.7	7.41	1756	105
E2 – (3-0.5%)	21.7	7.56	1760	110
E2 – (1-1%)	21.7	2.48	2745	162
E2 – (2-1%)	21.7	2.40	2758	165
E2 – (3-1%)	21.7	2.45	2750	168
E2 – (1-1.5%)	21.7	2.32	3255	175
E2 – (2-1.5%)	21.7	2.35	3248	185
E2 – (3-1.5%)	21.7	2.34	3240	188

Método EPA 3050 AA, Método Winkler, Método Potenciometrico

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
 Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
 e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Figura 73. Resultados de los parámetros de la primera y segunda etapa



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SEGUNDA ETAPA:

Código	Sólidos Totales mg/L	Sólidos disueltos mg/L	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Turbidez NTU
E2- (1- 0.5%)	795	678	117	28.31
E2 – (2-0.5%)	792	677	115	28.45
E2 – (3-0.5%)	797	679	118	28.36
E2 – (1-1%)	959	759	200	40.25
E2 – (2-1%)	952	760	192	40.05
E2 – (3-1%)	950	762	188	40.10
E2 – (1-1.5%)	996	756	240	41.48
E2 – (2-1.5%)	994	750	244	41.46
E2 – (3-1.5%)	997	749	248	41.45

Código	Oxígeno Disuelto mgO ₂ /L	Demanda Química Oxígeno mgO ₂ /L	Pb reducción mg/l	Cu reducción mg/l
E2 –(1- 0.5%)	4.75	245	0.0219	0.636
E2– (2-0.5%)	4.80	238	0.0269	0.646
E2 – (3-0.5%)	4.77	236	0.0259	0.676
E2 – (1-1%)	3.32	345	0.0988	2.291
E2 – (2-1%)	3.09	324	0.0978	2.262
E2 – (3-1%)	2.78	310	0.0987	2.311
E2 – (1-1.5%)	1.89	413	0.1259	2.321
E2 – (2-1.5%)	1.90	412	0.1269	2.386
E2 – (3-1.5%)	1.65	408	0.1219	2.346

Método EPA 3050 AA, Método Winkler, Método Potenciometrico

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
 Teléfono: (511) 4824427. Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
 e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Figura 74. Resultados de los parámetros de la segunda etapa



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

TERCERA ETAPA:

Código	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno Acido / base	Conductividad eléctrica $\mu\text{S/cm}$	Potencial redox mV
E3- (1- 0.5%)	22.00	7.41	1456	112
E3 - (2-0.5%)	22.00	7.44	1438	114
E3 - (3-0.5%)	22.00	7.45	1450	115
E3 - (1-1%)	22.00	2.38	3021	168
E3 - (2-1%)	22.00	2.36	3019	167
E3 - (3-1%)	22.00	2.32	3023	160
E3 - (1-1.5%)	22.00	2.28	3598	181
E3 - (2-1.5%)	22.00	2.24	3567	178
E3 - (3-1.5%)	22.00	2.26	3581	179

Código	Sólidos Totales mg/L	Sólidos disueltos mg/L	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Turbidez NTU
E3- (1- 0.5%)	765	658	107	15.23
E3 - (2-0.5%)	760	659	101	15.21
E3 - (3-0.5%)	750	660	90	15.20
E3 - (1-1%)	854	725	129	40.56
E3 - (2-1%)	845	720	125	40.60
E3 - (3-1%)	840	721	124	40.66
E3 - (1-1.5%)	895	735	155	41.59
E3 - (2-1.5%)	890	740	150	41.74
E3 - (3-1.5%)	889	736	153	41.80

Método potenciométrico, método gravimétrico, método fotométrico.

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
 Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
 e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Figura 75. Resultados de los parámetros de la tercera etapa



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

TERCERA ETAPA:

Código	Oxígeno Disuelto mgO ₂ /L	Demanda Química Oxigeno mgO ₂ /L	Pb reducción mg/l	Cu reducción mg/l
E3-(1-0.5%)	5.01	120	0.0002	0.005
E3-(2-0.5%)	5.23	116	0.0006	0.003
E3-(3-0.5%)	5.12	118	0.0003	0.001
E3-(1-1%)	4.12	235	0.0613	1.458
E3-(2-1%)	4.32	238	0.0544	1.471
E3-(3-1%)	4.29	215	0.0619	1.469
E3-(1-1.5%)	2.35	301	0.1165	1.564
E3-(2-1.5%)	2.31	310	0.1174	1.534
E3-(3-1.5%)	2.30	314	0.1170	1.529

Método EPA 3050 AA, Método Winkler

Lima, 20 de Noviembre del 2020


MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría



Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

Figura 76. Resultado del parámetro biológico e inorgánico de la tercera etapa