UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

Carrera de Ingeniería Ambiental

"INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA Y TIEMPO DE CONTACTO DE LA BORRA DE CAFÉ EN LA REMOCIÓN DE PLOMO II DE EFLUENTE MINERO, QUIRUVILCA"

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Autor:

Argomedo Medina Estefany Aracelli
Carbajal Calipuy Italo Jair

Asesor:

Ing. Luis Alva Díaz

Trujillo - Perú

2019

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Luis Alva Diaz, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Argomedo Medina Estefany Aracelli
- Carbajal Calipuy Italo Jair

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: "INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA Y TIEMPO DE CONTACTO DE LA BORRA DE CAFÉ EN LA REMOCIÓN DE PLOMO II DE EFLUENTE MINERO, QUIRUVILCA" para aspirar al título profesional de: INGENIERO AMBIENTAL por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, AUTORIZA al o a los interesados para su presentación.

_____

Ing. /Lic./Mg./Dr. Nombre y Apellidos
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: Argomedo Medina Estefany Aracelli y Carbajal Calipuy Italo Jair para aspirar al título profesional con la tesis denominada: "INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA Y TIEMPO DE CONTACTO DE LA BORRA DE CAFÉ EN LA REMOCIÓN DE PLOMO II DE EFLUENTE MINERO, QUIRUVILCA"

Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

( ) **Aprobación por unanimidad**

Calificativo:

( ) Excelente [20 - 18]

( ) Sobresaliente [17 - 15]

( ) Bueno [14 - 13]

( ) **Aprobación por mayoría**

Calificativo:

( ) Excelente [20 - 18]

( ) Sobresaliente [17 - 15]

( ) Bueno [14 - 13]

( ) Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado
Presidente

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado

Ing./Lic./Dr./Mg. Nombre y Apellidos
Jurado

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre querida, por apoyarme en todo momento por confiar en mí, por los valores inculcados, por haberme permitido tener una educación de calidad y sobre todo el gran ejemplo de madre de criar a una hija sola y que todo en la vida es posible con trabajo y dedicación, eres y seguirás siendo en un excelente ejemplo a seguir.

A mi hermana Rubí por ser parte importante en mi vida y por ser un ejemplo neto de desarrollo profesional a seguir y que hoy con mis bellas sobrinas Rachel, Jessica y su esposo Christopher representan la unidad familiar que anhelo tener en el futuro.

A mis mejores amigos y creyeron en mí hasta el último momento y me enseñaron que en esta vida siempre hay que ser perseverantes.

Estefany Aracelli

DEDICATORIA

A Dios, ya que gracias a su bendición eh logrado concluir uno de mis sueños mi carrera.

A mis padres, Segundo y Hilda que gracias a sus consejos y palabras de aliento me han ayudado a salir adelante, crecer como persona, como hijo, por enseñarme los valores que forjan mi vida y los cuales transmitiré a mis hijos.

A mi hermana Liz, por su cariño, su aliento y todas esas veces que me vio caído y me ayudo a levantarme, por estar siempre a mi lado y por creer en mí.

A mi cuñado Rover, por ser más que eso, un hermano, por todas las cosas que compartimos y por tu incondicional apoyo.

A mi sobrina Camilita, la cual es mi motor, ese impulso que me ayuda a seguir adelante, la niña que con su sonrisa cambia todo mi día.

Jair Italo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la vida y estar conmigo en cada momento fortaleciendo mi corazón e iluminar mi mente.

A mi madre, quien siempre con su paciencia y su amor incondicional creyó en mí hasta el final

A la A la Universidad Privada del Norte por formarnos como líderes profesionalmente y a mis maestros que con sus enseñanzas forjaron mi camino en la Carrera de Ingeniería Ambiental.

Al ingeniero Alberto y mi amigo Alfonso que fueron los que me incentivaron a continuar y me dieron su tiempo y dedicación que le estoy agradecidas de corazón.

A mi amigo y compañero de tesis, porque a pesar de todo lo que pasamos, nunca dejamos de creer el uno del otro y que con ganas de aprender, entusiasmo y amistad todo se logra en esta vida.

Estefany Aracelli

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis docentes, por sus enseñanzas, por su entrega y disciplina, los cuales me brindaron los conocimientos para concluir con este propósito.

A mi asesor el Ing. Alberto, que confió y nos apoyó desde un inicio con la tesis, por su tiempo y dedicación.

A mi compañera de tesis, por la confianza y la entrega a este trabajo.

Jair Italo

Tabla de contenido

ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS 2
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS 3
DEDICATORIA 4
DEDICATORIA 5
AGRADECIMIENTO 6
AGRADECIMIENTO 7
ÍNDICE DE TABLAS 9
ÍNDICE DE FIGURAS 10
ÍNDICE DE ECUACIONES 11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN 14
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA 34
CAPÍTULO III. RESULTADOS 43
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES 47
REFERENCIAS 54
ANEXOS 60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.Composición de la borra de café 31
Tabla 2.Matriz Operacionalización de variables independientes 37
Tabla 3.Matriz Operacionalización de variables dependientes 38
Tabla 4.Caracterización de las muestra de efluente minero 43
Tabla 5.Resultados de porcentaje de remoción de plomo II con diferente tamaño de pastícula y tiempo de contacto 44
Tabla 6. Análisis de varianza de los promedios de los valores de remoción de plomo del efluente minero con relación a 3 niveles de tamaño de partícula y tiempo de contacto 45
Tabla 7. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey para los promedios de remoción de plomo II, con relación a los 3 niveles del tamaño de partícula.. 45
Tabla 8. Prueba de comparaciones múltiples de Tukey para los promedios de remoción de plomo II con relación a los 3 niveles del factor tiempo. 46
Tabla 9. Prueba de Comparaciones Múltiples de Tukey de los valores de remoción de plomo II del efluente minero con relación a 3 niveles, de tamaño de partícula y tiempo de contacto 46
A. 1. Resultados del porcentaje de remoción plomo II después de realizar la influencia del tiempo de contacto y tamaño de partícula..... 60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de sorción 20
Figura 2: Esquema de adsorción en monocapa (izquierda) y multicapa (derecha) 23
Figura 3: Estructura de la anhidroglucosa es el monómero de la celulosa, celobiosa y es el dímero. 26
Figura 4: Estructura molecular del monómero de la lignina 27
Figura 5: Curva de calibración de Espectrofotómetro de Absorción Atómica 36
Figura 6. Procedimiento de obtención de la borra de café. 41
Figura 7. Procedimiento experimental de la remoción de plomo II 42
Figura 8. Resultado del porcentaje de remoción de plomo II después de realizar los ensayos 44

ÍNDICE DE ECUACIONES

$Ecuación$(1)Equilibrio de la borra de café 21

$Ecuación$(2)Porcentaje de remoción de plomo II..... 22

$Ecuación$(3)Isoterma de Langumir 23

$Ecuación$(4)Isoterma de Langumir forma linealizada 23

$Ecuación$ (5)Isoterma de Freundlich 24

$Ecuación$ (6)Isoterma de Freundlich en forma logarítimica 24

$Ecuación$ (7)Modelo cinético de pseudo-primer orden 25

$Ecuación$ (8)Modelo cinético de pseudo-primer orden integrada..... 25

Ecuación (9)Modelo cinético de pseudo-segundo orden 25

$Ecuación$ (10)Modelo cinético de pseudo-segundo orden integrada 25

$Ecuación$ (11)Porcentaje de remoción de plomo II 40

RESUMEN

Se determinó la influencia del tamaño de partícula y tiempo de contacto de la borra de café en la remoción de plomo II del efluente minero. El estudio experimental se realizó por método de agitación por lotes y la investigación fue bifactorial, evaluando tamaño de partícula en un rango de 850, 425 y 250 µm y diferente tiempo de contacto 30, 60 y 90 minutos con una concentración inicial de plomo de 1.32 mg/l. El resultado del estudio concluyó que la remoción de plomo II (1.32 mg/l) a un tamaño de partícula de 250 µm y tiempo de contacto 90 minutos fue de 87.85%. Las muestras de efluente minero con plomo II fueron analizadas en el laboratorio de Análisis Instrumental de la carrera de Ingeniería Ambiental en la Universidad Privada del Norte; por lo tanto, la influencia del tamaño de partícula y tiempo de contacto de la borra de café sí influye significativamente en la remoción de plomo II. Los resultados mostraron que este método puede utilizarse como una opción de bajo costo.

Palabras clave: (Remoción, borra de café, plomo)

ABSTRACT

The influence of the particle size and contact time of the coffee waste in the removal of lead II from the mining effluent was determined.The experimental study was carried out by batch agitation method and the investigation was bifactorial, evaluating particle size in a range of 850, 425 and 250 µm and different contact time 30, 60 and 90 minutes with an initial lead concentration of 1.32 mg/l. The result of the study concluded that the removal of lead (1.32 mg/l) at a particle size of 250 microns and contact time 90 minutes was 87.85%. The samples of mining effluent with lead were analyzed in the instrumental analysis laboratory of the Environmental Engineering career at the Universidad Privada del Norte, using the flame-type atomic absorption spectrophotometer equipment. The result was confirmed by the analysis of variance to determine the effect of the relationship between independent and dependent variables. Finally the hypothesis is affirmed, therefore, the influence of particle size and contact time of the coffee waste does significantly influence the removal of lead. The results showed that this method can be used as a low cost option

Keywords:Removal ,Coffe waste,lead

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Hoy en día, la contaminación por metales pesados utilizada por la minería, ha provocado un impacto adverso en el medio ambiente, que amenaza la salud de los seres humanos y la estabilidad del ecosistema en el mundo. Yin et al., (2018)

Siendo considerado el Perú es uno de los siete países mineros más ricos del planeta, y la minería sigue siendo uno de los pilares de la economía. El impacto que puede ocasionar sobre la salud el establecimiento de una operación minera es un factor importante desde la perspectiva ambiental, social y cultural, así también son los impactos económicos. La actividad minera libera hacia el medioambiente metales pesados como plomo, cadmio, arsénico, entre otros, lo cual produce sustancias tóxicas que ingresan al organismo de los trabajadores y de la población en general, ya sea, por la inhalación o por la ingestión de agua y alimentos contaminados. El peligro de los metales es mayor al no ser química y biológicamente degradables Bautista (2012).

Las aguas superficiales de los ríos son a menudo contaminadas por desechos mineros de operaciones mineras. Bakradze et al., (2018).Una de las causas de la degradación de los recursos naturales son los diferentes relaves mineros y las plantas concentradoras en actividad, que generan volúmenes de drenajes ácidos de mina (DAM).

En la actualidad en los centros poblados de Shorey Chico y Shorey Grande, del distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad, debido a los relaves mineros existentes en la zona, viene siendo amenazada por el posible desborde o ruptura de los diques de relaves de la Unidad Minera de Quiruvilca según Sociedad Nacional de Industrias (SIN, 2018).

El daño ambiental generado es a consecuencia de la inadecuada disposición de desmontes y relaves, así como la falta de tratamiento de los efluentes y materiales peligrosos producto de las actividades mineras, los que a través de infiltraciones, discurrir de aguas ácidas, acción del viento han contaminado cuerpos acuíferos suelos, etc., afectando poblaciones, áreas destinadas a actividades agrícolas y ganaderas causando enfermedades e inseguridad en la población y una imagen negativa de la actividad minera, que se ve reflejada en los actuales conflictos sociales señalado por Yauyo (2013).

La creciente preocupación por la contaminación ambiental ha dado como resultado un aumento en la investigación y el desarrollo de tecnologías sustentables, así como una

normatividad cada vez más estricta, lo que ha permitido disminuir las descargas de sustancias contaminantes al medio ambiente Cardona et al., (2013).

Debido a la problemática señalada, se ha venido recopilando diferentes investigaciones para la adsorción de plomo en agua contaminadas, tenemos a Azouaou et al.,(2016) en su artículo científico titulado "Adsorción de cadmio de la solución acuosa en posos de café no tratados: Equilibrio, cinética y termodinámica", en la que trabajó con un rango de pH de 2.5 a 7.5, dando como resultado en su mejor tratamiento a un pH 7, a un tamaño de partícula entre 225 – 800 µm, con un tiempo de contacto de 120 minutos, en una concentración de absorbente de 9 g. de borra de café, obteniendo mejores resultados de remoción de plomo conforme se disminuya el tamaño de particula (<200 µm) con una remoción de 92%.

Del mismo modo, Seniunait et al., (2015) en su artículo titulado "El café molido como un adsorbente para la eliminación de cobre y plomo en soluciones acuosas", utilizó la técnica por lotes en cual trabajo con diferentes tamaños de partícula mayor a 200 microgramos y menores a 200 microgramos de borra de café, con un rango de concentración de plomo de (0.5, 1.0, 1.5, 3.0 mg/ L) ,siendo el más óptimo de 0.5 gramos , consiguiendo un porcentaje de remoción de 87% de plomo.

Por otra parte, Angeles (2016) en su investigación titulada "Isotermas de adsorción de cationes metálicos en solución mediante borra de café peruano", empleó la técnica de lotes trabajando con 100 g de borra de café pasado por malla N° 12 (168 µm), N° 25 (707 µm) y N° 40 (420 µm) siendo el 420 µm el óptimo , a la vez operó a diferentes pH en un rango de 2 a 6.5, siendo para plomo 4 el óptimo y el tiempo de contacto de 0.25 a 6.0 horas de contacto entre el adsorbente y adsorbato, siendo el óptimo 2 horas y con un peso de la borra de café entre 0.05 a 0.40 g. , se incrementa de manera proporcional el porcentaje de remoción de plomo de 43.1 mayor al 99.3%.

En un trabajo similar, Lafi & Hafiane (2016), en su investigación titulada "Eliminación de naranja de metilo (MO) de una solución acuosa utilizando tensoactivos catiónicos de residuos de café (MCW)", utilizaron diferentes pH de 2.9 a 10.3, alcanzando su mejor pH a 3.5, con un rango de tiempo de 60 a 120 minutos con un peso de 0.1 g. de residuos de café.

Del mismo modo Chacaltana (2018) estudio el "Uso de borra de café como bioadsorbente para la remoción de cadmio y plomo disuelto en el agua del río Añasmayo sector la Perla, Huaral, 2018", quien reporto un incremento en la remoción de plomo hasta 87.5 %, con un tamaño de partícula de borra de café de 245 µm durante

un tiempo de contacto de 100 minutos. Utilizó un reactor tipo batch, velocidad de agitación de 180 rpm y una dosificación de 1 gr de borra de café. Así mismo el adsorbente natural a base de borra de café fue tratada previamente con hidróxido de sodio y lavada con agua destilada.

Alemayehu et al., (2017) en su investigación titulada "Eliminación por adsorción de Pb (II) y Cr (VI) de las aguas residuales", utilizando una cáscara de café no pretratada, trabajando con diferentes pH que van desde 2 a 6 siendo la eficiencia de biosorción para plomo de pH 4.5, alcanzando un equilibrio después de 5 horas de tiempo de contacto, a una dosis de biomasa de 0.05 gramos, el cual tuvo un porcentaje de remoción de 91%.

Jimenez (2017) en su investigación titulada "Eficiencia en la remoción del tratamiento de aguas ácidas de mina, mediante neutralización activo con lechada de cal de la Unidad Minera", empleó aguas ácida de mina , mediante neutralización activo con lechada de Cal , donde se tuvo en cuenta su caracterización de las aguas ácidas teniendo como resultados un pH de 1.29 , una conductividad de 14.87 µS/cm , con un oxígeno disuelto 2.18 mg/L, encontrándose concentraciones 0.008 ppm, 33.87 ppm , 0.279 de plomo , Cobre y Cadmio respectivamente.

Nitayaphat et al., (2015) en su artículo titulado "Eliminación de azul de metileno de la solución acuosa por residuos de café", los experimentos se realizaron en diversas condiciones en el cual se realizó un secado de borra de café a 60°C a 24 horas, incluido el tiempo de contacto fijado en 18 min., el pH de la solución lo determinó dentro de un rango de 3 a 10, hallándose el valor óptimo de 10 y una dosis de adsorbente de 1 a 3 gramos, considerando la dosis optima de 1 gramo y un porcentaje de remoción del 100%.

Lagos (2016) en su investigación titulada "Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local", tuvo como objetivo estudiar la borra de café como bioadsorbente para tratar los efluentes provenientes de una curtiembre local.Donde se llevó acabo un pretratamiento usando una muestra de borra de café seca y realizando cinco lavados con una solución de NaOH 0.01M bajo agitación durante tiempos determinados, luego se procedió a lavar con agua ultrapura hasta no observar coloración. Se realiza un lavado adicional con HNO3 0.01M. Dando como resultados que a pH 5 y tres horas de adsorción se obtiene un coeficiente de adsorción, de 9,19 ± 0,43 mg/g, a pH 6 se obtiene un 95,9 % de remoción de cromo, por lo cual concluye que para una mejor remoción se debe ajustar a pH 6 a partir de la borra de café.

En consecuencia a esta investigación, Pacheco et al., (2013) en su artículo denominado "Cinética de la bioadsorcion de iones cadmio (II) y plomo (II) de soluciones acuosas por biomasa residual de café (coffea arabica L.)" en proceso batch, en donde realizaron un análisis de (Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier) FTIR para determinar los grupos funcionales de la borra de café ,obteniendo los siguientes números de ondas 3200 cm^{-1} , 2923 cm^{-1} y 1605.95 cm^{-1} ,usando un pH en un rango de 5 a 3.5 para plomo y cadmio , siendo el valor óptimo para plomo de 2.62 ,con una temperatura de trabajó a 15 °C, en un tiempo de 90 minutos , con un tamaño de partícula tamaño malla 30(595 micras) , consiguiendo la máxima adsorción mayor al 77.77%.

Tejada et al., (2014) en su artículo titulado "Cinética de adsorción de Cr (VI) empleando biomasas residuales modificadas químicamente en sistemas por lotes y continuo", en el cual las condiciones óptimas obtenidos en un pH de 2, un tamaño de partícula menor a 1 mm, en un tiempo de 120 minutos de agitación, con una concentración de biomasa de 1 gramo, obteniendo un porcentaje de remoción de 88%.

En otro trabajo similar, Lasheen et al., (2014) en su artículo científico titulado "Adsorción / desorción de Cd (II), Cu (II) y Pb (II) empleando productos químicos modificados cáscara de naranja: Equilibrio y estudios cinéticos", considerando que en un lapso de 30 minutos obtuvo el equilibrio a 200 rpm con un peso inicial de adsorbente de 0.5 gramo, trabajando con un pH de 5, con un tamaño de partícula de 200 micras , con un resultado del 95% de Pb, 89% de Cu y 81% para Cd en su porcentaje de remoción.

De acuerdo a Montesinos (2017) en su investigación titulada "Caracterización de efluente de mina para elección de la alternativa óptima de tratamiento", en la que considera evaluar las alternativas de tratamiento de efluentes y caracterizar materiales y/o residuos mineros , entre las principales características se encuentra la presencia de iones metálicos como plomo con un concentración máxima de 7.062 mg/L , ph mínimo de 3.53 , con una conductividad eléctrica mínima de 587 µS/cm , oxígeno disuelto 4.15 mg/l y sólidos suspendidos de 1165mg/L.

A la vez Mora et al., (2018) en su artículo científico "Evaluación de la capacidad de adsorción de mercurio (Hg^{2+}) utilizando residuos de café agotados", donde se evaluó una alternativa sostenible para el tratamiento de agua contaminada con mercurio. Sé trabajo con pH óptimo de 7, a un concentración de 0.4 gramos, con mallas de 80,120 y 270, teniendo un tiempo de 210 minutos, con una eliminación alrededor de 97%.

Cherdchoo et al., (2019) en su artículo científico denominado "Eliminación de Cr (VI) de aguas residuales sintéticas por adsorción en café molido y té mezclado de residuos" en la que se trabajó bajo las siguientes condiciones concentración inicial de Cr (VI) (10-30 mg L1), tiempo de contacto (180 min), dosis de adsorbente (2.0 g L-1), pH inicial (2.0), temperatura (30-50 ° C) , y velocidad de agitación (250 rpm), donde el porcentaje de remoción fue de 95.08%.

Finalmente, Cardona et al., (2013) en su investigación nombrada "Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn (II) se consideraron siete parámetro fisicoquímicos, el pH ideal fue de 4.9,debido a que los iones hidronio son fuertes competidores de los iones metálicos, el tamaño de partícula fue de 0.48 mm , la concentración del plomo inicial fue de 80 mg/L, la cantidad de la biomasa fue de 0.5 gramos ,con un tiempo óptimo de 2 horas , a una temperatura de 50 °C consigue la máxima remoción al 99.5 % .

BASES TEORICAS

Para una mejor compresión de la investigación se desarrolló los siguientes conceptos**:**

1. Contaminación por metales pesados

Los metales pesados se caracterizan por ser estables y persistentes en el ambiente, ya que, no pueden ser degradados ni destruidos, además son altamente tóxicos para diversas formas acuáticas de vida. Salomon & Förstner (1984) refiere que pueden llegar a ser un serio problema para la salud de los seres humanos a través de la ingesta directa o las cadenas de alimentos.

Entre los contaminantes, los metales pesados peligrosos como arsénico (As), cadmio (Cd), plomo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), níquel (Ni), zinc (Zn), aluminio (Al) y el manganeso (Mn) ha sido la principal amenaza para el medio ambiente. (Dhanarani et al, 2016; Karthik et al., 2017). Se ha demostrado que incluso la descarga de pequeñas cantidades de algunos de estos iones de metales pesados provoca un daño inevitable al ecosistema acuático, por lo que la mitigación de sus efectos perjudiciales es de gran importancia para los científicos ambientales antes de la descarga en los suministros de agua. Wang et al., (2016).

2. Plomo

El plomo es un metal tóxico natural que se encuentra en la corteza terrestre. Tiene muchos usos, incluso en la fabricación de baterías de plomo-ácido para vehículos motorizados, en pigmentos y pinturas, soldaduras, municiones, esmaltes cerámicos, joyas, juguetes y también en algunos cosméticos y medicinas tradicionales. También se sigue utilizando en la gasolina en ciertos países. El procesamiento, uso y eliminación del plomo puede generar la contaminación ambiental y daños a la salud, debido a que es un metal persistente. World Health Organization (2016).

3. Efluente minero

Los efluentes líquidos mineros tienen su origen en la manipulación de los productos mineros con agua o soluciones químicas. Los procesos de concentración por vía húmeda o por el empleo del agua para lavar instalaciones mineras. Tenemos que sumar las interacciones naturales que se produce entre los productos mineros y las aguas superficiales o de lluvia. La lluvia cae sobre las escombreras, infiltrándose en las mismas, generado procesos de oxidación, hidrólisis, lavado, etc. Adicionalmente, ello genera un descontento social en las comunidades locales y daña la imagen del sector minero, lo que ha generado la pérdida y degradación de tierras fértiles, de las aguas subterráneas, la contaminación de las aguas superficiales con el drenaje ácido de roca, arrastre de sedimentos, entre otros elementos, la contaminación del aire por emisión de material particulado y gases tóxicos. Góngora (2015).

4. Tratamiento para remover metales de aguas

Existen diferentes técnicas para eliminar metales tóxicos de aguas superficiales como Coronel (2016), adsorción, precipitación, intercambio de iones, electro-ganancia, coagulación-floculación y flotación hacia la eliminación de metales pesados. La adsorción es un método efectivo para la eliminación de metales pesados de aguas residuales industriales. El proceso de adsorción ofrece las ventajas de la flexibilidad de diseño y la regeneración eficiente de adsorbentes por desorción. El rendimiento de la adsorción se basa en el tipo de adsorbente utilizado en el proceso. Rangabhashiyam & Balasubramanian, (2018).

La celulosa ha sido la principal estructura asociada al proceso de adsorción, esta tiene una estructura lineal y fibrosa en la que se establecen múltiples puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de distintas cadenas de glucosa, haciéndola resistente e insoluble en agua, originando fibras compactas que le confieren alta capacidad de

sorción, principalmente de cationes divalentes. (Lasheen et al., 2014; Malamis & Katsou, 2013).

El proceso de intercambio iónico tiene las ventajas de la cinética rápida, la capacidad de tratamiento de gran volumen y el proceso eficiente. El proceso de intercambio iónico hace uso de un intercambiador de iones de forma sólida, que intercambia aniones o cationes con la solución de trabajo. Las desventajas de este método son costosas, proceso no selectivo, altamente sensible al pH de la solución e ineficaz en la solución concentrada de metal. Rangabhashiyam & Balasubramanian (2018).

El carbón activado sin duda ha sido el adsorbente más popular y ampliamente utilizado en el tratamiento de aguas residuales en todo el mundo. El carbón vegetal, el precursor del carbón activado moderno, ha sido reconocido como el adsorbente más antiguo conocido en el tratamiento de aguas residuales. El carbón activado se produce mediante un proceso que consiste en la deshidratación y carbonización de la materia prima seguida de la activación. Bhatnagar & Sillanpää (2010).

5. Adsorción

Es un proceso donde se extrae materia de una fase y se concentra en la superficie de otra formando una lámina molecular o atómica (Figura 1). En el proceso de adsorción se identifica el adsorbente y el adsorbato. El adsorbente es aquel donde se concentra la sustancia o contaminante que se desea remover; este puede ser una molécula orgánica o un compuesto inorgánico. El adsorbato es aquella sustancia que se concentra en la superficie o la cual se une al adsorbente, puede ser mediante fuerzas físicas de atracción, intercambio iónico y/o enlaces químicos.

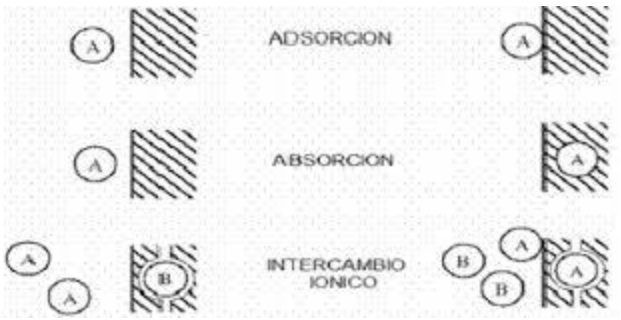


Figura 1. Tipos de sorción

5.1. Tipos de adsorción

a) Adsorción física:

Se le llama fisisorción cuando el adsorbato se adhiere a la superficie a través de interacciones intermoleculares débiles de van der Waals, no es selectiva, tiene baja energía de adsorción, permite la formación de multicapas, además solo es apreciable a bajas temperaturas y sus moléculas adsorbidas no se alteran. Kumar et al., (2019).

b) Adsorción química:

Llamada quimisorción ocurre cuando una molécula se adhiere a la superficie a través de la formación de enlaces químicos, es tipo de adsorción selectiva, con mayor energía de adsorción, formación de monocapa, además solo es apreciables a temperaturas altas, en la que puede ser lenta o rápida y las moléculas cambian totalmente. Kumar et al., (2019).

Existen diferentes tipos de fuerzas intermoleculares que determinan el tipo de adsorción que ocurre en una superficie.

a) Van der Waals

Energía molar muy débil (usualmente menor a 50 kJ/mol)

b) Iónica

Energía molar fuerte (origen coulómbico)>100 kJ/mol

c) Covalente

Energía molar fuerte (origen cuántico-químico)>50 kJ/mol

d) Metálica

Energía molar fuerte (origen cuántico-químico)>50 kJ/mol

En el equilibrio, la adsorción, qe (mg/g), se calculó por la siguiente ecuación:

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) * V}{m} \ldots\ldots\ldots (1)$$

Donde C_0 y C_e (mg/L) son las concentraciones de metales pesados inicialmente y en equilibrio, respectivamente. V es el volumen de solución (L) y m es la masa adsorbente seca (g).

El porcentaje de adsorción de metales pesados (Porcentaje de remoción %) de la solución se calcula de la siguiente manera:

$$Porcentaje\ de\ remocion\ (\%) = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} x100 \ldots\ldots\ldots (2)$$

Para describir el comportamiento del adsorbente, se debe aplicar los modelos cinéticos de adsorción de pseudo primer y segundo orden. Los datos de equilibrio se deben ajustar utilizando los modelos de isoterma de Langmuir y Freundlich. Castro et al., (2018).

5.2. Isotermas de adsorción

Las isotermas muestran cuánto material se adsorberá a ciertas condiciones (temperatura, concentración, etc.). Estas son funciones que relacionan a la cantidad adsorbida, bajo condiciones de equilibrio y a temperatura fija, respecto a la cantidad expuesta en la fase precursora, bien sea en forma de concentración para fases liquidas, o de presión de vapor para fases gaseosas. Existen varias isotermas como las isotermas de Langmuir, de Freundlich, Brunauer-Emmet-Teller (BET), etc.

a) Isoterma de Langmuir:

Cuando un gas o una solución entran en contacto con el adsorbente se establece un equilibrio entre la unión de las moléculas y el adsorbente.

- La superficie del adsorbente está en contacto con una solución que contiene un adsorbato que es fuertemente atraído a la superficie.
- La superficie tiene un número específico de sitios donde las moléculas pueden ser adsorbidas.
- La adsorción involucra la unión de una sola capa de moléculas a la superficie (adsorción de monocapa).

La reacción química de adsorción de monocapa se representa:

$$A + S \leftrightarrows AS$$

Donde AS representa la molécula A adsorbida en la superficie en el sitio S.

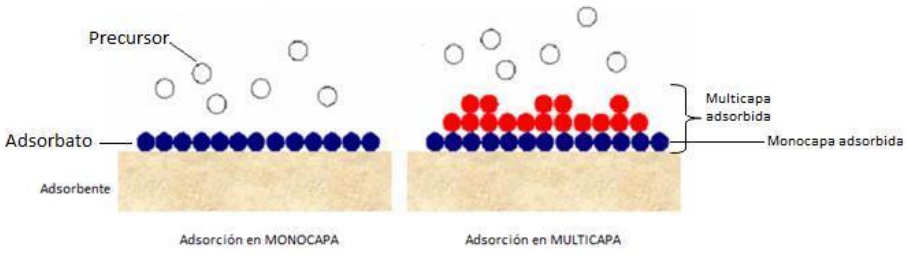


Figura 2. Esquema de adsorción en monocapa (izquierda) y multicapa (derecha)

La ecuación que describe este modelo se expresa en la ecuación. Hossam (2014).

$$q_{e=}\frac{q_m C_e}{1+k_L C_e}\ldots\ldots\ldots\ldots(3)$$

La forma linealizada se expresa en la siguiente ecuación.

$$\frac{1}{q_e}=\frac{K_L}{q_m}+\frac{1}{q_m C_e}\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(4)$$

Donde:

q_e es la cantidad de soluto retenido en el adsorbente en el equilibrio (mg/g), C_e es la concentración de soluto en equilibrio (mg/L), q_m (mg/L) y K_L (L/mg) son los parámetros de Langmuir relacionados a la máxima capacidad de adsorción y la energía de enlace de la adsorción. Hossam (2014).

b) Isoterma de Freundlich:

Esta isoterma describe mejor los datos a bajas concentraciones. En esta isoterma se asume que la superficie del adsorbente es heterogénea, es decir, los sitios de adsorción con la misma energía se encuentran agrupados las cuales son independientes y no equivalentes. No asume capacidad de monocapa. Hossam (2014).

De acuerdo a (Do., 2013, p.50) menciona que la capacidad de adsorción de plomo se ajusta a la isoterma de Freundlich, esta isoterma se ajusta mejor al mecanismo de adsorción del tipo fisisorción y también a mecanismos de fuerte quimisorción. Además Lewinsky (2015) refiere que principalmente sobre sólidos con superficies heterogéneas de variada afinidad.

La ecuación de Freundlich tiene la forma general:

$$q_e = \frac{x}{m} = kC_e^{1/n} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

Donde:

qe: la cantidad de adsorbato adsorbido/unidad de masa de adsorbente (mg / g)

x: la masa del adsorbato. (mg)

m: La masa del adsorbente. (mg)

Ce: concentración en equilibrio del soluto que queda en solución. (mg / l)

K y n: son constantes de Freundlich. Hossam (2014).

La ecuación que es más útil en forma logarítmica es:

$$log(q_e) = log\ log\ \left(\frac{x}{m}\right) = log\ log\ (k) + \frac{1}{n} logC_e \ldots\ldots\ldots (6)$$

5.3. Cinética de adsorción

La cinética de la adsorción describe la velocidad de atrapamiento del adsorbato, lo cual controla el tiempo de residencia de éste en la interfase sólido-disolución y además su conocimiento permite predecir la velocidad a la cual el contaminante se remueve del efluente tratado, por tal razón se requiere el conocimiento de las leyes de velocidad que describen el sistema de adsorción, las cuales se determinan por experimentación y no pueden ser inferidas en ningún caso. Mora et al., (2018)

Para corroborar lo anterior, se ha considerado usar los modelos que se describen a continuación, a fin de determinar el mejor ajuste de los datos experimentales a cada uno de ellos.

a) Modelo cinético de pseudo-primer orden

Este modelo se ha aplicado a varios sistemas de adsorción, la expresión matemática correspondiente a la cinética de primer orden reversible se basa en la suposición de que a cada ión metálico se le asigna un sitio de adsorción del material adsorbente, lo cual en términos de velocidad de reacción se expresa como:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1 * (q_e - q_t) \ldots\ldots\ldots (7)$$

Donde q_t (mmol/g) es la cantidad adsorbida en un tiempo t, q_e (mmol/g) es la cantidad adsorbida en el equilibrio y k_1 (min^{-1}) es la constante cinética de primer orden. Integrando la ecuación (2) y aplicando como condiciones de contorno a t=0, q_t=0 y a t=t q_t=q_t:

$$qt = qe * (1 + e^{-k_1 * t}) \ldots\ldots\ldots (8)$$

b) Modelo cinético de pseudo-segundo orden

En él se supone que el adsorbato se adsorbe en dos sitios activos de la biomasa. Aguayo-Villareal, et al., (2016) A partir de esta fecha, muchas más investigaciones han reportado un mejor ajuste de los datos experimentales obtenidos a este modelo, con coeficientes de correlación superiores a los de los otros modelos ensayados. Los grupos funcionales carboxil y fenólico contribuyen significativamente al comportamiento vinculante formando complejos bidentados enlazando a los iones Pb^{2+}. Liu et al., (2017).

En este caso, la ecuación de velocidad de la cinética de adsorción se expresa como:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2 * (q_e - q_t)^2 \ldots\ldots\ldots (9)$$

Integrando la ecuación anterior y manteniendo constantes las condiciones de contorno descritas para el modelo anterior, se tiene:

$$q_t = \frac{t}{\frac{1}{k_2 * q_e^2} + \frac{t}{q_e}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (10)$$

Donde k_2 es la constante cinética de Pseudo-segundo orden ($g/mmol.min$) y $h = k_2 * qe^2$ siendo h (mmol/g.min) la velocidad inicial de adsorción. Este modelo se basa en la capacidad de adsorción química en equilibrio y supone que las velocidades son directamente proporcionales al cuadrado de los sitios activos favorables. Mora et al., (2018).

5.4. Biadsorbentes

Los bioadsorbentes son aquellos adsorbentes que provienen de la biomasa, materiales orgánicos que provienen de plantas, árboles y algas. Los protagonistas son los carbohidratos. Los que tienen mayor participación son la lignina y holocelulosa (celulosa y la hemicelulosa). Haq et al., (2016).

Mecanisnos de captura de metales pesados por bioadsorbentes.

- Adsorcion superficial
- Precipitación
- Difusión a través de la pared celular o membrana
- Acomplejamiento o quelación
- Intercambio iónico

5.5. Propiedades químicas de los adsorbentes

En este material existen dos cadenas largas de hidrocarbonos - polímeros naturales - de gran importancia que le atribuyen la característica adsorbente. Estos son celulosa y hemicelulosa, la fracción de lignina presente consiste en moléculas que no son azúcares.

La celulosa es un polímero orgánico importante que consiste en solamente unidades de anhidroglucosa unida en una molécula de cadena recta y grande.

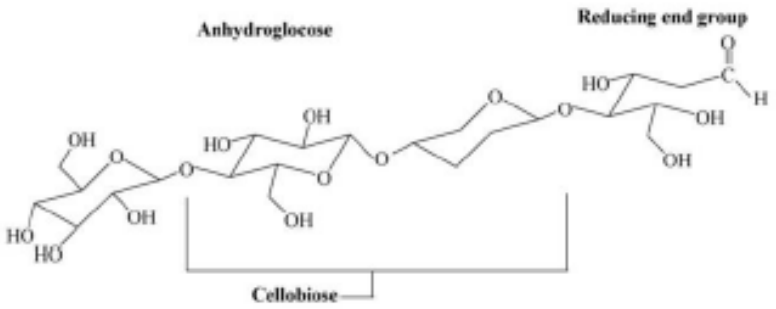


Figura 3. Estructura de la anhidroglucosa es el monómero de la celulosa, celobiosa y es el dímero.

La hemicelulosa (20% de la composición en la mayoría de las plantas) es un polímero orgánico compuesto por largas cadenas de anhidroglucosa unidas por un enlace 1,4 glucosídico.

La lignina está conformada por grupos funcionales alifáticos, hidroxilfenólicos (9 - 11%), grupos metoxilos (13 - 26%) y grupos carbonilo, todos ellos presentan la habilidad de enlazar a metales pesados por donación de los pares libres del oxígeno de estos grupos para formar complejos con iones metálicos en solución.

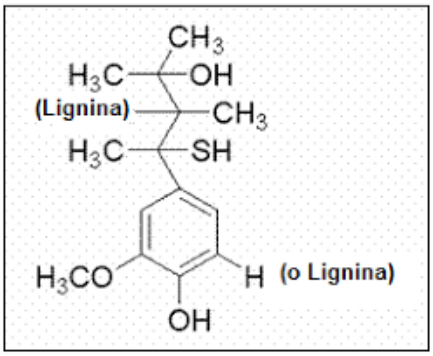


Figura 4. Estructura molecular del monómero de la lignina

Los grupos funcionales como hidroxilo, carboxilo, fosfato, grupos amino y tiol juegan un papel fundamental en su rol como adsorbente. Estos cambian su ion hidronio por el ion metálico o cediendo el par de electrones no enlazantes para la formación de complejos metálicos. (Billmeyer., 2010, p.108). Depende de otros factores como número de sitios activos, accesibilidad de sitios activos y la afinidad entre los sitios activos y los iones metálicos. Mohan & Piltman (2016).

5.6. Factores que afectan al proceso de adsorción

La adsorción se ve afectada por los parámetros operativos, las propiedades de la superficie del adsorbente y la naturaleza química del adsorbato los cuales influyen en su remoción, entre los principales tenemos:

c) Influencia del pH

El potencial de hidrogeno afecta a la bioadsorción tanto en la especiación del adsorbato como en la disponibilidad de los posibles puntos de enlace en el adsorbente, debido a que los grupos carboxílicos o grupos con átomos donadores de electrones (entre otros) se encuentran protonados, por lo tanto, menos disponibles para su interacción con el ion. Lagos (2016).

Cuando existe exceso de hidrolisis en la superficie del adsorbente ocurre la nitración de los sitios activos para la adsorción dentro del adsorbente, disminuyendo así los puntos de acomplejamiento en la superficie del adsorbente y, a su vez, la capacidad de adsorción de metales pesados .Lagos (2016).

d) Tamaño de partícula

El tamaño de partícula es otro de los parámetros que afectan al proceso de absorción dado que el área de superficie aumenta con una disminución en el tamaño de partícula, en un área de superficie más alta proporciona un mayor número de sitios de unión para la adsorción. Pathak et al., (2015). Tamaño de partícula más pequeño generalmente implica una alta área superficial con lo cual el área de poros se puede ser más accesible para los iones metálicos y el área de contacto mayor, incrementando la capacidad de adsorción de metales pesados. Un tamaño de partícula más fino es favorable para un proceso batch, debido a la alta área superficial de los bioadsorbentes utilizados, mejorando la capacidad de adsorción de los metales pesados. Park et al., (2016).

El tamaño de partícula es proporcional a la superficie disponible para la interacción adsorbente – adsorbato (Hiemenz & Rajagopalan., 2011, p-6)

e) Concentración inicial del adsorbato

La concentración inicial del adsorbato proporciona una fuerza motriz necesaria para superar la resistencia de transferencia de masa entre el adsorbato en la fase en masa y el adsorbente. (Do., 2013, p.292).

Las concentraciones iniciales más altas dan mayor capacidad de carga. Seniunaite et al., (2015). La concentración del adsorbato influye en la especiación del adsorbato y, de esta, en su disponibilidad para ser captado por el adsorbente. Lagos (2016).

f) Velocidad de agitación

La velocidad de agitación ayuda al adsorbato a superar la resistencia de transferencia de masa de la capa límite a mayor velocidad de agitación resulta en una mayor tasa de adsorción. Pathak et al., (2015).

g) Tiempo de contacto

Es el tiempo requerido para que el sistema alcance el equilibrio, este sistema heterogéneo sólido / líquido frecuentemente experimenta diferentes pasos de transferencia de masa, algunos de los cuales podrían ser comparativamente lentos. Por lo tanto, es necesario determinar el tiempo de contacto para asegurarse de que se alcanza el equilibrio entre la muestra y el adsorbato. Alemayehu et al., (2017).

h) Temperatura

La velocidad de adsorción aumenta con el incremento de la temperatura, ya que a una temperatura más alta mejora la movilidad de los iones adsorbato y disminuye la viscosidad de la solución. Pathak et al., (2015).

i) Dosis de adsorbente

La cantidad de adsorbente decide la extensión de los sitios de unión de superficie disponibles para la adsorción. Por lo tanto, el porcentaje de remoción de adsorbato aumenta, con la dosis de adsorbente. Después de alcanzar el equilibrio, no se puede producir ningún cambio adicional en el porcentaje de remoción del adsorbato, esto indica que cuando se usa la proporción óptima de sólido / líquido, la cantidad de adsorbente es suficiente para la remoción máxima de iones de adsorbato de la solución a una concentración determinada. Incluso si se usa más adsorbente, no afecta la remoción. Pathak et al., (2015). La cantidad de adsorbente está directamente relacionada a la superficie disponible para la adsorción y a la cantidad de posibles grupos funcionales superficiales disponibles para captar al adsorbato. Lagos (2016).

j) Ion metálico

El tipo de compuesto que desea ser eliminado: En general los compuestos de alto peso molecular, baja presión de vapor/alto punto de ebullición y alto índice de refracción son mejor adsorbidos. (Rouquerol et al., 2010, p.117-165).

Existen competencia por los mismos sitios disponibles para adsorber diferentes iones metales, eso depende del tipo de muestra que se esté empleando. Tejada et. al., (2014).

6. Café (*Coffea arabica L.)*

El café (*Coffea arabica L.)* es uno de los productos agrícolas más abundantes y el segundo producto más comercializado en todo el mundo (Kondamudi et al., 2015; Tsai et al., 2014) en consecuencia, grandes cantidades de desechos de café, especialmente café gastado molido (SCG), se generan. El café pertenece a la familia de las rubiáceas (*Rubiaceae*),además se consideran arbustos grandes de aproximadamente 5 metros de altura , que presentan ciertas características como hojas ovaladas y de color verde oscuro

brillante y que engloba unos 500 géneros y más de 6.000 especies, la mayoría árboles y arbustos tropicales. *Coffea arabica* L. se cultiva en toda Latinoamérica, en África Central y Oriental, en la India y en Indonesia. Rojo (2014).

6.1. Producción

En el Perú, el café es el principal producto de exportación agrícola seguido de los espárragos y representa cerca de la mitad de las exportaciones agropecuarias Márquez et al., (2016). Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI) en el censo Agropecuario 2013, indica que se han destinado 425 mil hectáreas a la producción del café en el 2012, además la Junta Nacional del Cáfe de Perú (JNC) en el 2013 señala que existen 338 distritos de 16 regiones del Perú, siendo el sustento económico directo de más de 150 mil familias y genera aproximadamente 2 millones de puestos de trabajo directos e indirectos en la cadena productiva.

7. Borra de café

La borra de café es un subproducto derivado de la comercialización del grano tostado que se obtiene durante la preparación de la bebida, y en esta se puede llegar a obtener una concentración significativa de compuestos polifenólicos, como son los ácidos clorogénico y feruloilquínico, entre otros. Debido al alto contenido de sustancias bioactivas reportado en el grano de café, se ha dado un interés especial en la borra, con el fin de obtener extractos ricos en estos compuestos y que puedan ser usados como material de partida o para el desarrollo de nuevos productos, con un alto contenido de fitoquímicos de elevada capacidad biológica.

7.1. Composición

La composición de la borra varía de acuerdo con la especie de café del cual es obtenida, por ejemplo, para Coffea Arabica L. presenta la siguiente composición: la borra es rica en carbohidratos el cual contiene un 46,8 % de manosa, galactosa 30,4%, glucosa 19% y 3,8% de arabinosa, proteínas un 13,6%, compuestos nitrogenados como aminoácidos libres, péptidos y alcaloides el cual corresponden al 6,4% del peso seco, con respecto a lípidos usualmente contiene de 10-15%, compuestos fenólicos y cafeína. Campos et al., (2015).

Cuando se realiza una modificación química, se incorpora grupos carboxílicos, hidroxilos y carbonilos en la superficie del adsorbente, en la que produce un aumento en el número de grupos funcionales que contienen oxígeno y elevan la

carga negativa superficial favoreciendo la capacidad de adsorción. Tejada et al., (2014)

Existen 800 compuestos que constituyen la bebida de café, estas sustancias quedan de manera residual en la borra de café. Principalmente los compuestos fenólicos, polifenólicos, no fenólicos y flavonoides, presentan actividad quelante para con los cationes metálicos divalentes. La función adsorbente no es solo de la celulosa; sino en conjunto con los componentes residuales que quedan en la borra de café y que juegan su rol de sustancias adsorbentes, permitiendo la adsorción sobre la estructura celulósica de la borra de café. Los contenidos residuales de las sustancias constituyentes de la bebida de café, las cuales permanecen en la borra de café, pueden generar una competencia para estos cationes metálicos al mantenerlos en solución, disminuyendo las posibilidades de que estos sean absorbidos con más eficiencia por la borra de café. (Lyman et. al., 2015; Bekedam et. al., 2016)

Tabla 1.

Composición de la borra de café

Parámetro	%
Humedad	10,49 ±0,09
Materia seca	89,51±0,09
Cenizas	1,81±0,005
Nitrogeno	1,88±0,005
Proteína Cruda	11,72±0,28
Grasas	13,41±0,25
Azúcares totales	39,62±0,69
Azúcares reductores	11,35±0,27
Celulosa	28,05
Hemicelulosa	18,83
Lignina	16,21
Solubles	35,29

Nota: En la tabla se observa la composición de la borra de café en porcentaje Urrubarí et al., (2014)

8. Normativa ambiental

8.1. Decreto supremo N° 010-2010- MINAN. Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas.

Establece los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas. Determina que el LMP para el plomo total es de 0,2 mg/L.

8.2. Ley N° 29338.- Ley de recursos hídricos

La presente Ley regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta. Se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable.

8.3. Ley N° 26842,"Ley General de Salud"

Ley General de Salud disponen que la salud es condición indispensable del desarrollo humano y medio fundamental para alcanzar el bienestar individual y colectivo, y que la protección de la salud es de interés público. Por tanto, es responsabilidad del Estado regularla, vigilarla y promoverla.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera influye el tamaño de partícula y tiempo de contacto de la borra de café en la remoción de plomo II de efluente minero, Quiruvilca?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia del tamaño de partícula y tiempo de contacto de la borra de café en la remoción de plomo II de efluente minero, Quiruvilca.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar las características iniciales del efluente minero.
- Evaluar la interacción de la influencia del tamaño de partícula y tiempo de contacto de la borra de café sobre la remoción de plomo II de efluente minero.
- Determinar la influencia del tamaño de partícula de la borra de café en la remoción de plomo II de efluente minero.
- Determinar la influencia del tiempo de contacto de la borra de café en la remoción de plomo II de efluente minero.

1.4. Hipótesis

H1: La influencia del tamaño de partícula y tiempo de contacto de la borra de café es significativa en la remoción de plomo II de efluente minero.

H0: La influencia del tamaño de partícula y tiempo de contacto de la borra de café no es significativa en la remoción de plomo II de efluente minero.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1.Población y muestra

2.1.1. Población

La presente investigación estuvo orientado a la recolección del efluente minero, ubicado en Quiruvilca en la provincia de Santiago de Chuco del departamento de La Libertad en el período marzo – abril del 2019

2.1.2. Muestra

Se realizó una muestra compuesta del efluente minero, Quiruvilca, donde se obtuvieron 4 muestras puntuales de 5 litros cada una, a final se mezclaron en un recipiente donde se obtuvo un volumen de 20 litros de efluente minero ubicado en Quiruvilca en la provincia de Santiago de Chuco del departamento de La Libertad.

2.1.3. Zona de recolección

Mapa de QGIS con coordenadas de georreferenciación. Ver anexo N° 1.

2.2.Materiales, instrumentos y métodos

2.2.1. Material Biológico

- Borra de café

2.2.2. Materiales

Vasos de precipitación de vidrio ISOLAB de 100, 250, 500 mL.

- Pipeta de vidrio de 5 y 10 ml.
- Embudo de plástico ISOLAB.
- Fiolas de vidrio BOECO de 50, 100, 250 ml.
- Micropipetas BOECO 1000 y 5000 µL.
- Puntas para micropipetas de plástico.
- Luna de reloj de vidrio ISOLAB.
- Cocina eléctrica OFINEZZA.
- Lentes de protección.
- Varilla de agitación de vidrio
- Tamices FORNEY Nº 20, 40 y 60.
- Molino manual.
- Papel filtro de paso rápido.
- Pastillas de agitación magnéticas.
- Guantes de látex ROBBERCARE.
- Mascarillas para gases 3M.

- Bolsas de plástico herméticas ZIPLOC.
- Bandejas metálicas de 26x19 cm

2.2.3. Instrumentos

- Multiparametro de medición de pH y conductividad Marca: HACH. Modelo: Hq40d
- Espectofotometro de absorción atómica. Marca: Agilent Technologies. Modelo: 240FS.
- Balanza analítica de precisión. Marca: Ohaus. Modelo: PA224C
- Horno de esterilización. Marca: Memmert. Modelo: UN30.
- Agitador magnético de 6 posiciones. Marca: Velp. Modelo: MULTISTIRRER Digital 6.
- Turbidimetro. Marca: Hach. Modelo: 2100Q
- Balanza digital gramera. Marca: OHAUS. Modelo: SJX622/E
- Bomba el vacío/presión de alta calidad Marca GAST Modelo DOA-P504-BN.
- Purificador de agua ultrapura Marca THERMO SCIENTIFIC. Modelo: MICROP URE ST.

2.2.4. Métodos

A. Técnica de Absorción Atómica

La curva de calibración del equipo de absorción atómica con el que se analizaron las muestras presentaron las siguientes condiciones: se calibro el equipo con una solución de plomo de 5 ppm, los estándares de la curva de Calibración que se utilizó son 0.5, 1 y 2 ppm se preparó a partir de una solución de 1000ppm, seleccionando una lámpara de cátodo hueco de Pb, el tipo de combustible que utilizó fue acetileno y aire, la medida de señal registrada fue la absorbancia. A continuación, se muestra la figura N°5, expresa las absorbancias versus sus diferentes concentraciones y su coeficiente de correlación.

Condiciones instrumentales para el análisis de Plomo II por Absorción Atómico Se usa para corrección de fondo

- Lámpara de cátodo hueco de Plomo
- Longitud de onda = 217.0 nm
- Combustible = Acetileno
- Oxidante =Aire
- Slit =1.0
- Medida de señal = Absorbancia

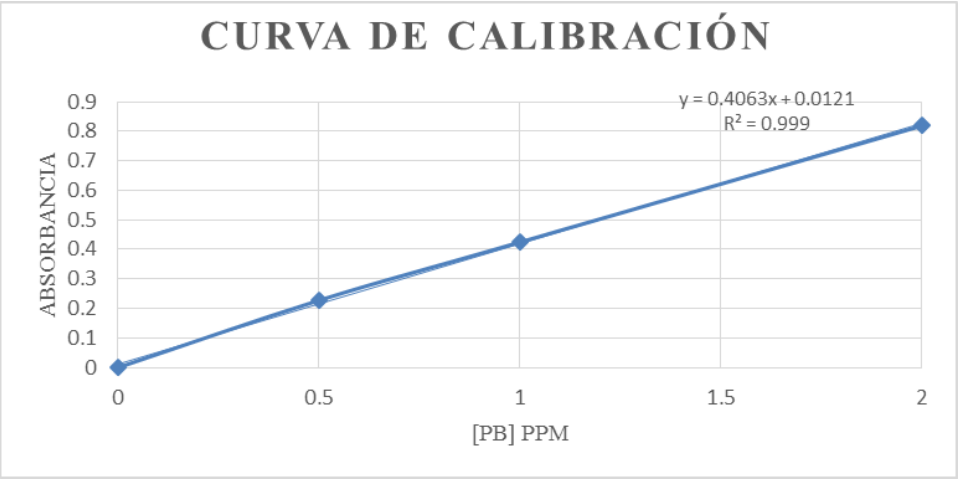


Figura 5. Curva de calibración de Espectrofotómetro de Absorción Atómica

B. Según el propósito- Aplicada: Fue aplicada, ya que, se utilizaron los conocimientos en la práctica, para aplicarlos en provecho a la sociedad.

Se tuvo como propósito dar solución a un problema exacto como es reducir el porcentaje de un contaminante plomo II en un efluente minero.

Según el diseño de investigación – Experimental puro: De acuerdo al desarrollo de la investigación, los objetivos planteados y las variables el diseño de investigación es de experimental puro, debido a que se manipulan de manera intencional las dos variables independientes del trabajo (tamaño de partícula y tiempo de contacto de la borra de café) para analizar las consecuencias sobre la variable dependiente (remoción de plomo II).

C. Operacionalización de variables

Variables independientes:

A: Tiempo de contacto: 30, 60, 90 minutos

B: Tamaño de partícula: 850, 425 ,250 µm

Variable dependiente: Remoción de plomo II (%)

Tabla 2.

Matriz Operacionalización de variables: Tamaño de partícula y tiempo de contacto

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE	Tamaño de partícula	El tamaño de partícula es otro de los parámetros que afectan al proceso de absorción dado que el área de superficie aumenta con una disminución en el tamaño de partícula, en un área de superficie más alta proporciona un mayor número de sitios de unión para la adsorción. Pathak et al., (2015).	El tamaño de partícula es proporcional a la superficie disponible para la interacción adsorbente-adsorbato. (Hiemenz & Rajagopalan., 2011, p-6)	µm
	Tiempo de contacto	Es el tiempo requerido para que el sistema alcance el equilibrio, este sistema heterogéneo sólido / líquido frecuentemente experimenta diferentes pasos de transferencia de masa, algunos de los cuales podrían ser comparativamente lentos. Por lo tanto, es necesario determinar el tiempo de contacto para asegurarse de que se alcanza el equilibrio entre la muestra y el adsorbato. Pathak et al., (2015)	Cuanto mayor es el grado de hidratación de los iones metálicos, más difícil es la adsorción debido al difícil acceso a la superficie de la turba y, por consiguiente, el menor grado de eliminación. Los electrones son fácilmente polarizados y retenidos en menor grado por el núcleo (mejor coincidencia del radio del ion metálico, y también la simetría de su orbital electrónico) Kalmykova et al., (2016).	Min

Nota: En la tabla se muestra la Operacionalización de la variable independiente.

Tabla 3.

Matriz Operacionalización de variables: remoción de plomo II

TIPO DE VARIABLE	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES
VARIABLE DEPENDIENTE	Remoción de plomo II	La remoción de plomo, es el proceso donde se busca eliminar las concentraciones de plomo en el efluente minero – Quiruvilca, en donde existe dos métodos los convencionales llamados físicos - químicos y los no convencionales llamados biológicos Caviedes et al, (2015).	La remoción de plomo aplicada a eliminar el plomo de efluente minero se emplea el tratamiento no convencional "Biológico", siendo el método de remoción, ya que, se busca remover la mayor concentración de plomo con borra de café Djati Utomo & Hunter (2013); según Minam (2017) se debe considerar los parámetros físicos- químicos al ambiente acuático.	Temperatura °C PH Conductividad ms/cm Oxígeno disuelto mg/L Solidos suspendidos totales mg/l Turbiedad NTU Remoción con biomasa %

Nota: En la tabla se muestra la Operacionalización de la variable dependiente.

2.3. Procedimiento

2.3.1. Ubicación y recolección de la muestra de agua

El efluente minero en el cual se realizó el muestreo de agua, se localiza en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, a 4008 m.s.n.m, en el departamento de La Libertad, Perú.

- Se realizó la recolección de la muestra con los implementos necesarios y se procedió a identificar los puntos de muestreo, con la ayuda de un GPS marca GARMIN- Etrex se tomaron las coordenadas, Ver anexo 1.
- Se realizó una muestra integrada del efluente minero, Quiruvilca, luego se obtuvieron 4 muestras puntuales de 5 litros cada una, a final se mezclaron en un recipiente donde se obtuvo un volumen de 20 litros, además se analizaron los siguientes parámetros in situ: temperatura y pH.
- Inmediatamente se etiqueta la muestra con la fecha, hora y ubicación según el procedimiento establecido en el Anexo n° 22.
- Las muestras se trasladaron en un cooler con hielo con el mayor cuidado para evitar derrames y/o contaminación, las muestras recolectadas fueron trasladas al laboratorio de Análisis Instrumental de la Universidad Privada del Norte acompañada de una cadena de custodia para los análisis respectivos.

2.3.2. Obtención de la borra de café

La borra de café se recolectó un 1 Kg de la cafetería del campus de ingeniería de la Universidad Privada del Norte, es un desecho del café para la elaboración de bebidas. Luego de su recolección se almacenó en bolsas reutilizables.

2.3.3. Preparación de biomasa a partir de la borra de café.

La biomasa fue obtenida en cantidades suficientes, para luego pasar por etapas que se describen a continuación, las cuales permitieron un adecuado tratamiento, que posteriormente fue caracterizada.

Activación de la borra de café Se realizó basándose en el procedimiento descrito por Lagos (2016) donde se realizó un pretratamiento de la materia prima para hidrolizar los grupos funcionales superficiales. Para esto se toma una muestra de la borra de café y se realizó cinco lavados con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,01M bajo agitación. Luego se

procede a lavar con agua ultra pura repetidas veces hasta no observar coloración. Se repite el lavado pero con ácido nítrico (HNO_3) 0,01M.

Secado: Para el secado, se realizó en una estufa eléctrica, administrada por el Laboratorio de Análisis Instrumental de la Universidad Privada del Norte. El cual se programó a 60°C durante 24 horas. Nitayaphat et al., (2015)

Tamizado: Se utilizaron tamices 20,40 y 60 con luz de malla de 850, 425 y 250 µm respectivamente, de marca FORNEY, certificado por la Sociedad Americana de Prueba de Materiales (ASTM, según sus siglas en inglés) tamizando un 1 Kg de borra de café por un tiempo determinado de 10 minutos , siendo almacenadas en bolsas reusables. Azouaou et al., (2016)

2.3.4. Ensayos de remoción

El procedimiento se realizó con el método de agitación por lotes a temperatura ambiente. El efluente minero se ajustó a pH 2 (Anexo n°2), se utilizó una concentración inicial de 0.1 gr. de borra de café según Lafi & Hafiane (2016) luego se pesó la borra de café con diferentes tamaños de partículas de 850, 425, 250 µm y se puso en contacto mediante agitación magnética a 250 rpm según Cherdchoo et al., (2019), durante un tiempo de 30, 60 y 90 minutos, para luego determinar el porcentaje de remoción de plomo II.

Luego se determinó la concentración del metal presente en la fase liquida mediante absorción atómica, a través de un balance de masas, se puede deducir la concentración de plomo II retenida por la biomasa, utilizando para ellos la expresión matemática indicada mediante la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{\eta} = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} x\mathbf{100} \ldots\ldots\ldots \ (11)$$

Donde:

$\boldsymbol{\eta}$ = Porcentaje de reducción de plomo II (%)

$\boldsymbol{C_i}$ = Concentración inicial de la solución

$\boldsymbol{C_f}$ = Concentración final de la solución

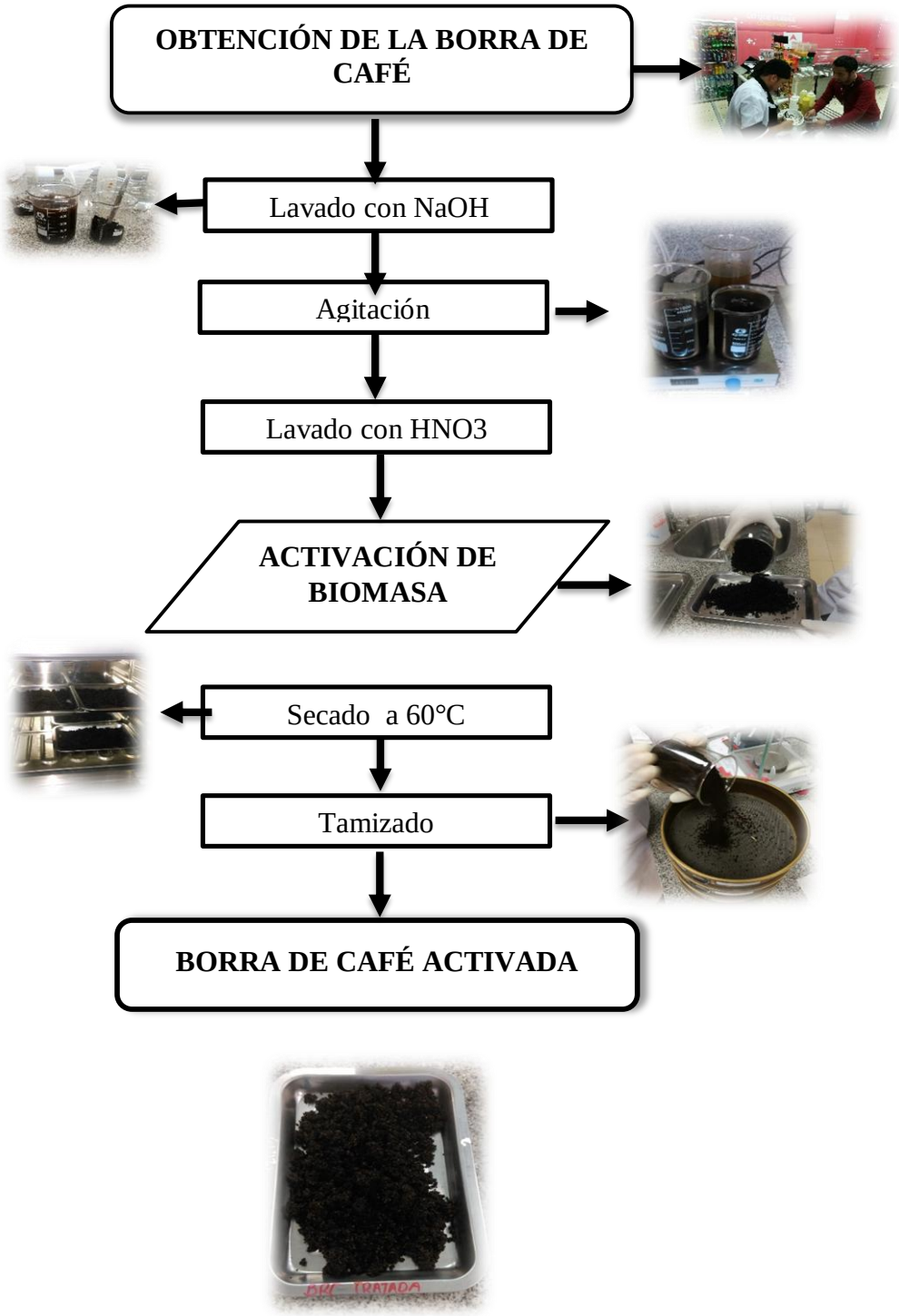


Figura 6. Procedimiento de obtención de la borra de café.

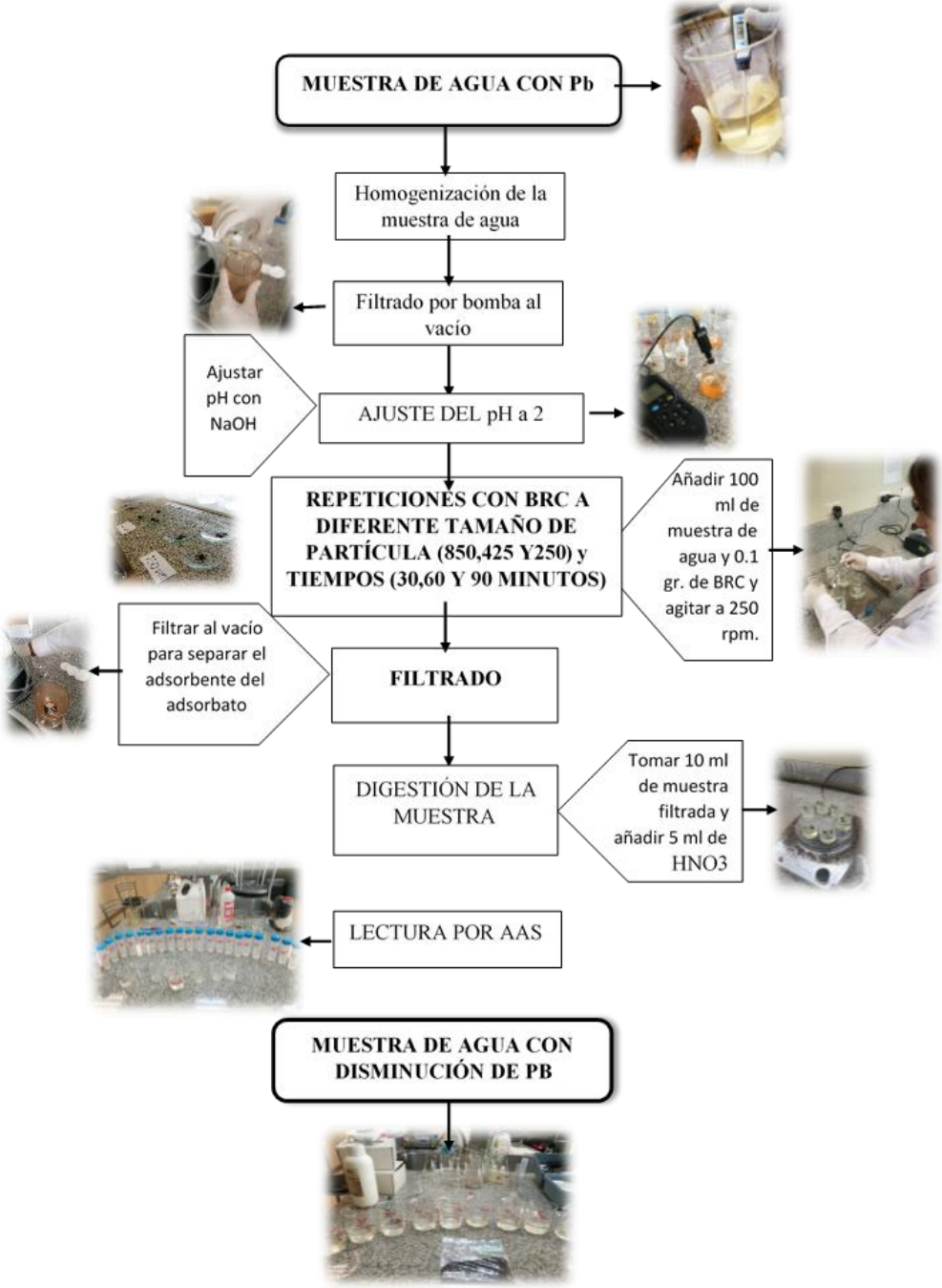


Figura 7. Procedimiento experimental de la remoción de plomo II.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Tabla 4.

Caracterización de la muestra de efluente minero, Quiruvilca

Parámetros	Medida	Unidad de medida
FÍSICOS - QUÍMICOS		
pH	1.37±0.01	-
Conductividad	293±0.01	ms/cm
Oxígeno Disuelto	10.01±0.02	mg/l
Solido suspendido totales	550±0.01	mg/l
Temperatura	14.8±0.01	°C
Turbidez	84.7±0.02	NTU
INORGANICOS		
Cobre	1.982±0.001	mg/l
Cadmio	0.148±0.001	mg/l
Plomo	1.316±0.001	mg/l

Nota: En la tabla 4, se muestran los parámetros físico- químicos e inorgánicos analizados en el laboratorio de la universidad Privada del Norte y en el efluente, encontrándose el plomo por encima de los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas (0.2 mg/l).

Tabla 5.

Resultados de porcentaje de remoción de plomo II con diferente tamaño de partícula y tiempo de contacto

Diseño		B: Tamaño de partícula (**µm**)		
		850	425	250
A : Tiempo de contacto (minutos)	30	50.30	62.32	75.19
	60	58.69	69.11	82.47
	90	53.84	74.95	87.85

Nota: En la tabla se muestra los resultados de la concentración de plomo II final en porcentaje.

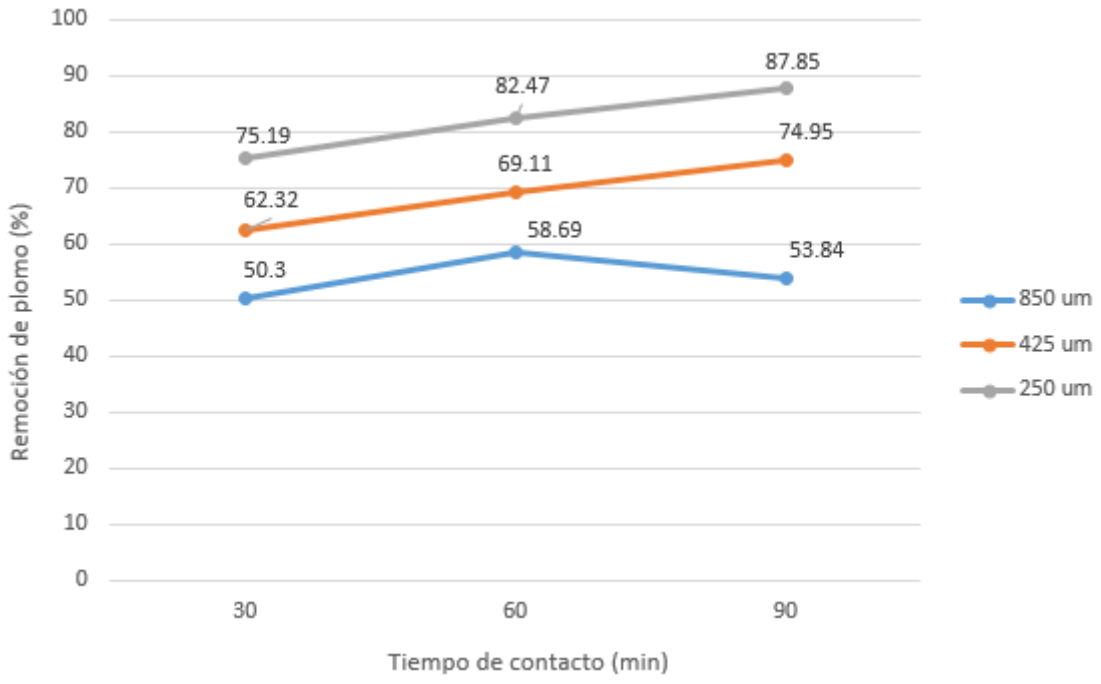


Figura 8. Resultado del porcentaje de remoción de plomo II después de realizar los ensayos

En el resultado se puede apreciar que a 90 minutos y a 250 µm de tamaño de partícula de la borra de café se obtuvo la mayor reducción de plomo II, obtenido un 87.85%.

Tabla 6.

Análisis de varianza de los promedios de los valores de remoción de plomo II del efluente minero con relación a 3 niveles de tamaño de partícula y tiempo de contacto

Origen	SC	G.L	CM	F	Valor P
F1: Tamaño partícula	3420.68	2	1710.34	1677.51	0,000 (*)
F2: Tiempo	458.70	2	229.35	224.95	0,000 (*)
F1 * F2	129.62	4	32.41	31.78	0,000 (*)
Residuos	18.35	18	1.02		
Total	4027.35	26			

Nota: En el resultado de la tabla se muestra la relación de la significancia estadística de cada uno de los factores y su efecto interactivo, donde: (*): La prueba resultó ser significativa ($p<0.05$), (n.s): La prueba resulto ser significativa. Los valores de P del análisis de varianza, prueban la significancia estadística de cada uno de los factores y del efecto interactivo. Aquí podemos señalar que los factores tamaños de partícula y tiempo de contacto tienen un efecto significativo sobre el porcentaje de remoción de plomo II ($p<0.05$) y lo mismo ocurre con el efecto interactivo entre ambos factores (F1 * F2) que tiene un efecto significativo sobre el porcentaje de remoción de plomo II ($p<0.05$). Como tanto los factores tamaños de partícula y tiempo de contacto; así como el efecto interactivo entre ambos factores (F1 * F2) resultaron ser significativos, entonces existe una diferencia entre el efecto de sus niveles. Por ello se procedió a determinar cuál es el mejor nivel, para esto aplicamos la prueba Post ANOVA denominada Comparaciones Múltiples de Tukey, en la cual se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 7.

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey para los promedios de remoción de plomo II, con relación a los 3 niveles del tamaño de partícula.

Tamaño de partícula (µm)	N	Media	Significancia		
250	9	81,84	****		
425	9	68.79		****	
850	9	54.28			****

Nota: En la tabla se aprecia los diferentes niveles de tamaño de partícula y su significancia. Esta tabla nos muestra las comparaciones múltiples de Tukey para determinar que niveles son significativamente diferentes de otras. Como se puede apreciar en la tabla se confirma la existencia de diferencia significativa entre los niveles de tamaño de partícula con relación a los porcentajes de remoción de plomo II con un nivel de confianza del 95 %. Debemos señalar que con el valor de tamaño de partícula 250 µm se logró una mayor remoción de plomo II (81,84 %). Además, se observa en la misma tabla que con el valor de tamaño de partículas de 850 µm, se alcanzó el promedio de remoción más bajo de 54,28 %.

Tabla 8.

Prueba de comparaciones múltiples de Tukey para los promedios de remoción de plomo II con relación a los 3 niveles del factor tiempo.

Tiempo de contacto (min)	N	Media	Significancia		
90	9	72,21	****		
60	9	70,09		****	
30	9	62,60			****

Nota: En la tabla se aprecia los diferentes niveles de tiempo y su significancia. Esta tabla nos muestra las comparaciones múltiples de Tukey para determinar que niveles son significativamente diferentes de otras. Como se puede apreciar en la tabla se confirma que existe diferencia significativa entre los tres niveles de tiempo de contacto con un nivel de confianza del 95 %. Debemos señalar que con el tiempo de contacto de 90 minutos se logró una mayor remoción de plomo II (72,21 %). Además, se observa en la misma tabla que con el tiempo de contacto de 30 minutos, se alcanzó el promedio de remoción más bajo de 62.60 %.

Tabla 9.

Prueba de Comparaciones Múltiples de Tukey de los valores de remoción de plomo II del efluente minero con relación a 3 niveles, de tamaño de partícula y tiempo de contacto

Orden de variación	Tamaño de partícula (µm)	Tiempo de contacto (min)	Media	Significancia							
3	250	90	87,85	****							
2	250	60	82,47		****						
1	250	30	75,19			****					
6	425	90	74.95			****					
5	425	60	69,11				****				
4	425	30	62,32					****			
8	850	60	58,69						****		
9	850	90	53,84							****	
7	850	30	50,30								****

Nota: en la tabla se aprecia la interacción de las dos variables y su significancia. Esta tabla nos indica que si existen diferencias significativas entre la combinación de los diferentes niveles de los factores del tamaño de partícula y tiempo de contacto con un nivel de significancia del 95 %. Debemos señalar que con el valor de tamaño de partícula 250 µm y un tiempo de contacto de 90 minutos se logró una mayor remoción de plomo II del 87.85 % y el valor más bajo de 50,30 % con un tamaño de partícula de 850 µm y un tiempo de contacto de 30 minutos. Además, se observa en la misma tabla que con las interacciones 1 y 6 los promedios de remoción plomo II fueron estadísticamente similares.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Discusión

En la Tabla 4 se observan la caracterización de la muestra de efluente minero de Quiruvilca, el cual se caracterizó por su pH, conductividad, Oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, temperatura, turbidez y metales pesados. El efluente minero fue muy ácido pH = 1.37; los sólidos suspendidos totales equivalente a 500 mg/L; la conductividad eléctrica de 293 ms/cm, a una temperatura de 14.8 °C, oxígeno disuelto de 10.01 mg/L, una turbidez de 84.7 NTU, metales como Cobre, Cadmio y Plomo, que corresponde a 1.982 mg/L, 0,148 mg/L y 1.316 mg/L respectivamente.

Estos parámetros también fueron caracterizados por Montesinos (2017) en su investigación titulada "Caracterización de efluente de mina para elección de la alternativa óptima de tratamiento", quien encontró que en efluente de mina, en Lima, tenía un pH similar a la presente investigación; con los otros parámetros sus valores físicos-químicos se distancian notablemente, como sucede con la conductividad eléctrica, que fue de 587 ms/cm, y el oxígeno disuelto 4.15 mg/L, pero los sólidos suspendidos fue muy alta 1165 mg/L. Las diferencias fueron más notorias con los resultados del trabajo de los investigadores Jimenez (2017) sobre la "Eficiencia en la remoción del tratamiento de aguas ácidas de mina, mediante neutralización activo con lechada de cal de la Unidad Minera" que reportaron en un efluente de la mina Arasi, en Puno, una conductividad de 14.87 ms/cm, un pH similar de 1.29 y oxígeno disuelto de 2.18 mg/L. Por otro lado, en la presente investigación también se realizó la caracterización en el efluente minero a los metales pesados como cobre, cadmio y plomo, y encontraron concentración de 0.008 ppm, 33.87 ppm y 0.279ppm respectivamente.

Las diferencias entre las características del efluente de mina de la presente investigación y de las investigaciones mencionadas, se deben, por un lado, al tamaño de las minas y por otro lado, a los químicos utilizados para el proceso de extracción del mineral; así como al tipo de mineral extraído, debido a la existencia de diferentes iones metálicos de alto peso molecular, baja presión de vapor/alto punto de ebullición y alto índice de refracción son mejor adsorbidos (alta afinidad). (Rouquerol et al., 2010, p.117-165).

Por otro lado se compara nuestros resultados de acuerdo al Ministerio del ambiente (2010) en el decreto supremo N°10 que nos menciona los límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas de 0.2 mg/L parámetro plomo, obteniendo un porcentaje de remoción de 87.85%, referido a una concentración final de 0.16 mg/L, cumpliendo con lo establecido en el marco legal vigente.

En la Tabla 5 se muestra el promedio de remoción de Plomo II, la influencia del tamaño de partícula y el tiempo de contacto de 30, 60 y 90 minutos. Es notorio que con un tamaño de partícula de 250 µm se alcanzó el promedio de remoción de plomo II más alto, 87.85 % durante un tiempo de contacto de 90 minutos y el promedio más bajo con 50.33 % con un tamaño de partícula de 850 µm y durante un tiempo de contacto de 30 minutos, lo que demuestra que el tamaño de partícula y tiempo de contacto influye en la remoción de plomo II , porque a medida que disminuye el tamaño de partícula y aumenta el tiempo de contacto, también el promedio de remoción de plomo II aumenta proporcionalmente, esto es validado por la tabla 9 en donde se muestra la relación de la significancia estadística , identificando que los factores tamaño de partícula y tiempo de contacto tienen un efecto significativo sobre el porcentaje de remoción de plomo II ($p<0.05$) y lo mismo ocurre con el efecto interactivo entre ambos factores (F1 * F2) que tiene un efecto significativo sobre el porcentaje de remoción de plomo II ($p<0.05$).

Este resultado es similar a los obtenidos por el investigador Chacaltana (2018) en su investigación titulada "Uso de borra de café como bioadsorbente para la remoción de cadmio y plomo disuelto en el agua del río Añasmayo sector la Perla, Huaral", quien reporto un incremento en la remoción de plomo II hasta 87.5 %, con un tamaño de partícula de borra de café de 245 µm durante un tiempo de contacto de 100 minutos. Utilizó un reactor tipo batch, velocidad de agitación de 180 rpm y una dosificación de 1 gr de borra de café. Así mismo el adsorbente natural a base de borra de café fue tratada previamente con hidróxido de sodio y lavada con agua destilada. Estos resultados se deban a que la tasa de adsorción es dependiente del tamaño de partícula del absorbente, así como de la concentración inicial del metal en la muestra (Do., 2013, p.292)

Debido a que da una fuerza motriz necesaria para superar la resistencia de transferencia de masa entre el adsorbato en la fase en masa y el adsorbente. Seniunaite et al., (2015).

En la figura 8 la influencia del tamaño de partícula en la remoción de plomo II, conforme disminuye el tamaño de partícula 425 µm a 250 µm se incrementa el porcentaje de remoción de plomo II de 74.95 % a 87.85 %. Estos resultados son validados en la tabla 7, donde se observa la existencia de diferencia significativa entre los niveles de tamaño de partícula con relación a los porcentajes de remoción de plomo II, con un nivel de confianza del 95 %. Debemos señalar que con el valor del tamaño de partícula 250 µm se logró una mayor remoción de plomo II, un 81,84 %. Además, se observa en la misma tabla que con el valor de tamaño de partículas de 850 µm, se alcanzó el promedio de remoción más bajo de 54,28 %.

Estos resultados concuerdan con los investigadores Azouaou, et al., (2016) en su artículo científico titulado "Adsorción de cadmio de la solución acuosa en posos de café no tratados" quienes obtuvieron una mayor remoción de plomo conforme se disminuyó el tamaño de partícula de granos de café sin tratar de 600 µm a 200 µm. Del mismo modo los investigadores Seniunaite et al., (2015) en su investigación titulada "El café molido como un adsorbente para la eliminación de cobre y plomo en soluciones acuosas", encontraron el mismo comportamiento, obteniendo mejores resultados de remoción de plomo conforme se disminuya el tamaño de partícula (<200 µm). Estos resultados se deben a que el tamaño de partícula es proporcional a la superficie disponible para la interacción adsorbente – adsorbato (Hiemenz & Rajagopalan., 2011, p-6). Así mismo el área superficial aumenta con la disminución en el tamaño de partícula y en un área superficial más alta proporciona un mayor número de sitios de unión para la adsorción mejorando la remoción de metales pesados. Pathak et al., (2015).

En la figura 8 en cuanto a la influencia del tiempo de contacto en la remoción de Plomo II, se incrementa el tiempo de contacto de 30 a 90 minutos, también se incrementa la remoción de plomo II; de la misma manera en la tabla 8 existe diferencia significativa entre los tres niveles de tiempo de contacto con un nivel de confianza del 95 %. Debemos señalar que con el tiempo de contacto de 90 minutos se logró una mayor remoción de plomo II (72,21 %). Además, se observa en la misma tabla que con el tiempo de contacto de 30 minutos, se alcanzó el promedio de remoción más bajo de 62.60 %. Este mismo comportamiento fue reportado por Angeles (2016) en su investigación titulada "Isotermas de adsorción de cationes metálicos en solución mediante borra de café peruano" en el cual conforme se aumente el tiempo de contacto de 25 minutos a 6 horas, se incrementa de manera proporcional el porcentaje de remoción de plomo de 43.1 % a 99.3 % con pH 4 y 0.05 gr de borra de café. La tasa de adsorción se incrementa con el tiempo permitiendo una mayor reacción entre el adsorbente y el adsorbato. Alemayehu et al., (2017).

Existen diferentes factores que influyen en la remoción de plomo II, como la adsorción, en la que su factor es el tiempo de equilibrio, que se basa cuando el adsorbente se satura como se demuestra en la isoterma de adsorción de Pb^{+2} de la borra de café (Anexo n°3). El modelo de isoterma de Langmuir fue el que mejor se ajustó para la adsorción de Pb^{+2}, sin embargo la borra de café presenta superficie heterogénea, debido a los procesos físicos-químicos previos como la tostación y molienda, y sitios de anclaje de variada afinidad, debido a la cantidad de grupos funcionales en la superficie del adsorbente (Anexo 10) donde se observa la espectroscopia de transmisión de infrarrojo (FTIR) de la borra de café con un número de onda de 3333.95 cm^{-1} , 2922.60 cm^{-1} y 1031,33 cm^{-1} , resultados similares fueron reportados por Pacheco et al.,(2010) picos hacia 3200 cm^{-1} , 2923 cm^{-1} y 1605.95 cm^{-1}, que refuerzan el acercamiento al modelo isotérmico de Freundlich.

De acuerdo a (Do., 2013, p.50) mencionan que, cuando la capacidad de adsorción de plomo se ajusta a la isoterma de Freundlich, esta isoterma se ajusta mejor al mecanismo de adsorción del tipo fisisorción y mecanismos de fuerte quimisorción. Además Lewinsky (2015) refiere que principalmente sobre sólidos con superficies heterogéneas de variada afinidad

Por otro lado, la cinética de adsorción de Pb^{+2} de la presente investigación (Anexo 8) se ajustó al modelo de pseudo segundo orden, el cual es uno de los modelos más representativos en los procesos de bioadsorción. Este modelo se basa en la capacidad de adsorción química en equilibrio y supone que las velocidades son directamente proporcionales al cuadrado de los sitios activos favorables. Mora et al., (2018)

Según Aguayo-Villareal et al., (2016) el modelo de pseudo segundo orden presupone que los iones metálicos se adsorben en 2 sitios activos de los bioadsorbentes. Por lo tanto este modelo de cinética de adsorción es más apropiada para el modelamiento de la adsorción de iones metálicos divalentes como el Pb^{2+}, Cd^{2+}, Ni^{2+}, Cu^{2+}, entre otros. Además Liu et al., (2017) reportaron que los grupos funcionales carboxil y fenólico contribuyen significativamente al comportamiento vinculante, formando complejos bidentados enlazando a los iones Pb^{2+}.

En la Figura 8 se observan 2 tipos de comportamiento en cuanto al tamaño de partícula de 850 µm. Al aumentar el tiempo de contacto de 30 a 60 minutos aumenta el porcentaje de remoción de plomo II. Los componentes principales del residuo del café son los grupos funcionales hidroxilo y carboxilo, los cuales juegan un papel fundamental en su rol como adsorbente, debido que estos cambian su ion hidronio por el ion metálico o cediendo el par de electrones no enlazantes para la formación de complejos metálicos. (Billmeyer., 2010, p.108). Por otro lado, es necesario considerar que la bioadsorción también depende de otros factores como número de sitios activos, accesibilidad de sitios activos y la afinidad entre los sitios activos y los iones metálicos. Mohan & Pittman (2016).

Para mejorar la capacidad de adsorción de la adsorbente borra de café se procedió a modificar químicamente su superficie para mejorar la interacción con el metal divalente Pb^{2+} de la misma manera que Lagos (2016). Dicha modificación incorporó grupos carboxílicos, hidroxilos y carbonilos en la superficie del adsorbente (Anexo 10), estas aumentan el número de grupos funcionales que contienen oxígeno y elevan la carga negativa superficial favoreciendo la capacidad de adsorción del plomo II. Tejada et al., (2014),

Por otro lado, cuando el tiempo de contacto comienza a incrementarse hasta 90 minutos, la remoción de plomo II disminuye de 58.69 % a 53.84 %. Esto posiblemente se debe a que la muestra utilizada en la presente investigación

corresponde a un efluente minero, en el cual existe la presencia de otros iones metálicos, como se demuestra en la caracterización del efluente tabla 4, provocando la competencia por los mismos sitios disponibles para adsorber el metal de interés (Pb^{2+}) disminuyendo la adsorción del mismo Tejada et al., (2014)

Esto se debe a que existen más de 800 compuestos que constituyen la bebida de café, estas sustancias quedan de manera residual en la borra de café. Lyman et al., (2015). Así mismo indican también que principalmente los compuestos fenólicos, polifenólicos, no fenólicos y flavonoides, presentan actividad quelante para con los cationes metálicos divalentes y trivalentes. Esto evidencia que la función adsorbente no es solo de la celulosa; sino en conjunto con los componentes residuales que quedan en la borra de café y que juegan su rol de sustancias adsorbentes, permitiendo la adsorción sobre la estructura celulósica de la borra de café. Bekedam et al., (2016).Los contenidos residuales de las sustancias constituyentes de la bebida de café, las cuales permanecen en la borra de café, pueden generar una competencia para estos cationes metálicos al mantenerlos en solución, disminuyendo las posibilidades de que estos sean absorbidos con más eficiencia por la borra de café.

4.2 Conclusiones

- Se concluyó que el tamaño de partícula y tiempo de contacto de la borra de café influyo de manera significativa en la remoción de plomo II de efluente minero, Quiruvilca.
- Se identificó las características iniciales del efluente minero, determinando que no cumplía con los límites máximos permisibles para actividades minero metalúrgicas en el parámetro plomo.
- Se evaluó la influencia de la interacción del tamaño de partícula y tiempo de contacto de la borra de café en la remoción de plomo II, debido a que la tasa de adsorción es dependiente de ambos factores, facilitando los procesos de remoción y acortando el tiempo que tarda en llegar al equilibrio.
- Se determinó que el tamaño de partícula de la borra de café influye en la remoción de plomo II, debido a que el tamaño de partícula es proporcional a la superficie disponible para la interacción adsorbente-adsorbato.

- Se determinó que el tiempo de contacto de la borra de café influye en la remoción de plomo II, debido a que con un tiempo de contacto mayor el adsorbente se satura y se mantiene en equilibrio.

4.3 Recomendaciones

- Evaluar diferentes variables, tal como la dosis de adsorbente, temperatura y pH final.
- Se recomienda realizar el análisis de difracción de rayos-X (DRX).
- Se recomienda evaluar diferentes velocidades de agitación sobre la capacidad de remoción.
- Realizar una modificación química con ácido cítrico del material sobre la capacidad de remoción.

REFERENCIAS

Aguayo-Villarreal, I. A., Bonilla-Petriciolet, A., Hernández-Montoya, V., Montes-Morán, M. A., & Reynel-Avila, H. E. (2016). Batch and column studies of Zn2+ removal from aqueous solution using chicken feathers as sorbents. *Chemical Engineering Journal*, 167(1), 67–76.

Angeles, L. (2016). Isotermas de adsorción de cationes metálicos en solución acuosa mediante borra de café peruano. *Pontifica Universidad Catolica del Perú.*

Autoridad Nacional del Agua. (2016). Protocolo Nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales. Recuperado de http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf

Alemayehu, A.K & Burkute, A.G. (2017). Ede, Adsorptive removal of Pb(II) and Cr(VI) from wastewater using acid untreated coffee husk, Interlink Continental. *Journal of Enviromental. Science and. Toxicology, 1* ,9-16.

Azouaou, N., Sadaoui, Z., Djaafri, A & Mokaddem, H. (2016). Adsorption of cadmium from aqueous solution onto untreated coffee grounds: Equilibrium, kinetics and thermodynamics. *The National Center for Biotechnology Information 184*, 126–134.

Bautista Gómez, R. S. (2012). Monitoreo por exposición a metales pesados. *Instituto Nacional de Salud.*

Bakradze, E., Vodyanitskii, Y., Urushadze, T., Chankseliani Z y Arabidze, M. (2018).About rationing of the heavy metals in soils of Georgia. *Annals of Agrarian Science, 16(1)*, 1-6.

Bekedam, E. K., De Laat, M. P. F. C., Schols, H. A., Van Boekel, M. A. J. S., & Smit, G. (2016). Arabinogalactan Proteins Are Incorporated in Negatively Charged Coffee Brew Melanoidins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55*(3), 761–768.

Billmeyer,F (2010).Ciencia de los polímeros.*Editorital Reverté*

Bhatnagar, A., & Sillanpää, M. (2014) "Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment—A review". *Chemical Engineering Journal 157*, 277–296.

Campos-Vega, R., Loarca-Piña, G., Vergara-Castañeda, H. A., & Oomah, B. D. (2015). Spent coffee grounds: A review on current research and future prospects. *Trends in Food Science & Technology, 45(1),* 24–36.

Cardona-Gutiérrez, A.F; Cabañas-Vargas, D.D; Zepeda-Pedreguera, A. (2013). "Evaluación del poder biosorbente de cáscara de naranja para la eliminación de metales pesados, Pb (II) y Zn (II)", *Revista Académica de la Facultad de Ingeniería Universidad Autónoma de Yucatán, 17* (1), 1-9.

Caviedes Rubio, D; Muñoz Calderon, Adolfo; Perdomo Gualtero, Alexandra; Rodriguez Acosta, Daniel & Sandoval Rojas, I. (2015). *Revista ingeniería y region, 13(1),* 73-90.

Castro, L., Blázquez, M. L., González, F., Muñoz, J. A., & Ballester, A. (2018). Heavy metal adsorption using biogenic iron compounds. *Hydrometallurgy, 179,* 44–51.

Chacaltana,G (2018). "Uso de borra de café como bioadsorbente para la remoción de cadmio y plomo disuelto en el agua del río añasmayo sector la Perla- Huaral, 2018". Universidad Cesar Vallejo.

Cherdchoo, W., Nithettham, S., y Charoenpanich, J. (2019). Removal of Cr (VI) from synthetic wastewater by adsorption onto coffee ground and mixed waste tea. Chemosphere, 221, 758-767.

Coronel, R. (2016). Influencia del Pre – Tratamiento Fisicoquímico en la Velocidad Eficiencia y Capacidad de Biosorción de Plomo (II) en Cáscara de Naranja (Citrus sinensis) . Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo.

Dhanarani, S., Viswanathan, E., Piruthiviraj, P., Arivalagan, P., & Kaliannan, T. (2016). Comparative study on the biosorption of aluminum by free and immobilized cells of Bacillus safensis KTSMBNL 26 isolated from explosive contaminated soil. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, 69,* 61-67.

Decreto supremo N° 010 Aprueban Límites máximos permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero – metalúrgicas, Diario oficial El Peruano, Perú, 21 de Agosto de 2010.

Do, D. (2013). Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics, p.282.

Djati Utomo, H & Hunter, K. (2013). E- *Journal of Surface Science and Nanotechnology, 4,* 504 – 506.

Góngora Higa, K. S. (2015). La importancia de la definición de las actividades de remediación de pasivos ambientales mineros. Universidad de San Martín de Porres, Lima, Perú.

Haq Nawaz, B R. Khadim., & M.A. Hanif. (2016). Biosorption of Pb (II) and Co (II) on red rose waste biomass. Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering, 30, 81–87.

Hiemenz & Rajagopalan (2011). Principles of Colloid and Surface Chemistry, Third Edition, Revised and Expanded, p-6.

Hossam S. Jahin. (2014). Adsorption of Methyl Red from Aqueous Solutions Using Activated Carbon Prepared from Coffee Residue. *International Journal of Environment 3(2)*, 126-132.

Jimenez, C (2017). Eficiencia en la remoción del tratamiento de aguas ácidas de mina, mediante neutralización activo con lechada de cal de la Unidad Minera Arasi – Puno. Universidad Peruana Unión.

JNC (Junta Nacional del Café). 2013. Estadísticas de producción y comercialización mundial. Consulta en línea. Perú.

Kausar, A., Bhatti, H. N., & MacKinnon, G. (2013). Equilibrium, kinetic and thermodynamic studies on the removal of U (VI) by low cost agricultural waste. Colloids and Surfaces B: *Biointerfaces, 111*, 124–133.

Karthik, C., Oves, M., Sathya, K., Ramkumar, V.S. y Arulselvi, P.I. (2017). Isolation and characterization of multi-potential Rhizobium strain ND2 and its plant growthpromoting activities under Cr (VI) stress. *Archives of Agronomy and Soil Science, 63(8),* 1058-1069.

Kalmykova, Y., Strömvall, A.-M., & Steenari, B.-M. (2016). Adsorption of Cd, Cu, Ni, Pb and Zn on Sphagnum peat from solutions with low metal concentrations. *Journal of Hazardous Materials, 152(2*), 885–891. doi:10.1016/j.jhazmat.2007.07.062

Kondamudi, N.,Mohapatra, S., & Misra, M .(2015). Spent Coffee Grounds as a Versatile Source of Green Energy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 56 (24)*, 11757 11760.

Kumar, A., Kumar, M., Kumar, R., Singh, R., Prasad, B., & Kumar, D. (2019). Numerical model for the chemical adsorption of oxygen and reducing gas molecules in presence of humidity on the surface of semiconductor metal oxide

for gas sensors applications. *Materials Science in Semiconductor Processing, 90*, 236–244.

Lafi, R., y Hafiane, A. (2016). Removal of methyl orange (MO) from aqueous solution using cationic surfactants modified coffee waste (MCWs), 58, 424-433.

Lagos, A (2016). Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industra curtiembre local.

Lasheen, M.R.; Ammar, N.S; Ibrahim, H.S. (2014). "Adsorption/desorption of Cd (II), Cu (II) and Pb (II) using chemically modified orange peel: Equilibrium and kinetic studies". *Solid State Sciences 14*,202–210.

Lewinsky, A. A. (2015). Hazardous materials and wastewater: treatment, remove and analysis. *1ra Edición. New York: Nova Science Publishers, Inc, 92-93*, 114-117.

Liu,C., Ngo,H., Guo, W y Tung , Kuo-Lung. (2017). "Optimal conditions for preparation of banana peels, sugarcane bagasse and watermelon rind in removing copper from water". Bioresource Technology, 119,349-354.

Lyman, D. J.; Benck, R.; Dell, S.; Merle, S.; Murray-Wijelath, J. (2015). FTIR-ATR Analysis of brewed coffee: effect of roasting conditions. *Journal of Agriculture Food Chemical, 51*, 3268-3272.

López, M. (2017). Contaminación minera en Perú: informe médico reveló presencia de metales pesados en menores. Wayka. Recuperado de http:// wayka.pe/.

Malamis, S & Katsou, E. (2013) "A review on zinc and nickel adsorption on natural and modified zeolite, bentonite and vermiculite: Examination of process parameters, kinetics and isotherms", Journal of Hazardous Materials, 252– 253, 428– 461.

Márquez, F., Otiniano, A., Canto, M., Soplín, H., Vargas, S., & Huerta, P. (2016). Sustentabilidad ambiental en fincas cafetaleras después de un proceso de certificación orgánica en la convención (Cusco, Perú). *Ecología Aplicada, 15(2)*, 125-132.

Mora, A., Pastrana, J., Lagos, Y., & Lozada J. (2018). Evaluation of mercury (Hg2+) adsorption capacity using exhausted coffee waste. *Sustainable Chemistry and Pharmacy, 10*, 60-70.

Mohan, D., Pittman., Jr (2006) "Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of tri- and heaxavalent chromium from water". *Journal of Hazardous Materials, 37*, 762-811.

Montesinos, M (2017). Caracterización de efluentes de mina para elección de la alternative óptima de tratamiento. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Nitayaphat, W., Jintakosol, T., Engkaseth, K., y Wanrakakit, Y. (2015). Removal of methylene blue from aqueous solution by coffee residues. *Chiang Mai Journal of Science, 42,* 407-416.

Pathak, D., & Sachin A. (2015). Fruit peel waste as a novel low-cost bio adsorbent. *Reviews in Chemical Engineering, 31(4*) ,361–381.

Park, D., Yun, Y., Park,J.(2010). The past present, and future trends of biosorption.*Journal of Biotechnology, 15,* 86 -102.

Pacheco Tanaka, M., Pimentel Frisancho, J., & Roque Villanueva, W. (2013). Cinética de la bioadsorción de iones cadmio (II) y plomo (II) de soluciones acuosas por biomasa residual de café (Coffea arabica L.). *Revista de la Sociedad Química del Perú, 76(3)*, 279-292.

Rangabhashiyam, S y Balasubramanian, P. (2018). Characteristics, performances, equilibrium and kinetic modeling aspects of heavy metal removal using algae. *Bioresource Technology Reports*, 2589-014X

Rojo, J. (2014). Café I (G.Coffea). Reduca (Biología), 133 – 132.

Rouquerol, F., Rouquerol, J., & Sing, K. (2010). Adsorption at the Liquid–Solid Interface: Thermodynamics and Methodology. *Adsorption by Powders and Porous Solids, 117–163*. doi:10.1016/b978-012598920-6/50006-3

Salomons, W., & Förstner, U. (1984). Metals in the Hydrocycle. Doi: 10.1007/978-3-642-69325-0

Seniunaite J, Vaiskunaite R & Bolutiené V (2015). Coffee grounds as an adsorbent for copper and lead removal form aqueous solutions. *Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Environmental Engineering, Department of Environmental Protection, 11,* 10223.

Tejada, C; Villabona, A; & Ruiz, E. (2014). "Study for removal of Pb (II), Ni (II) and Cr (VI) in solutions using support chemically modified". *Prospectiva, 12*, 2, 7-17.

Tsai, W; Liu, S; & Hsieh, C. (2014).Preparation and fuel properties of biochars from the pyrolysis of exhausted coffee residue. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 93,* 63-67.

Urribarí, A., Zabala, A., Sánchez, J., Arenas, E., Chandler, C., Rincón, M., & Aiello, M. (2014). Evaluación del potencial de la borra de café como materia prima para la producción de biodiesel. *Multiciencias, 14(2)*, 129-139.

Wang, F., Lu, X & Li, X. (2016). Selective removals of heavy metals (Pb^{2+}, Cu^{2+}, and Cd2+) from wastewater by gelation with alginate for effective metal recovery. *Journal of Hazardous Materials, 308*, 75-83.

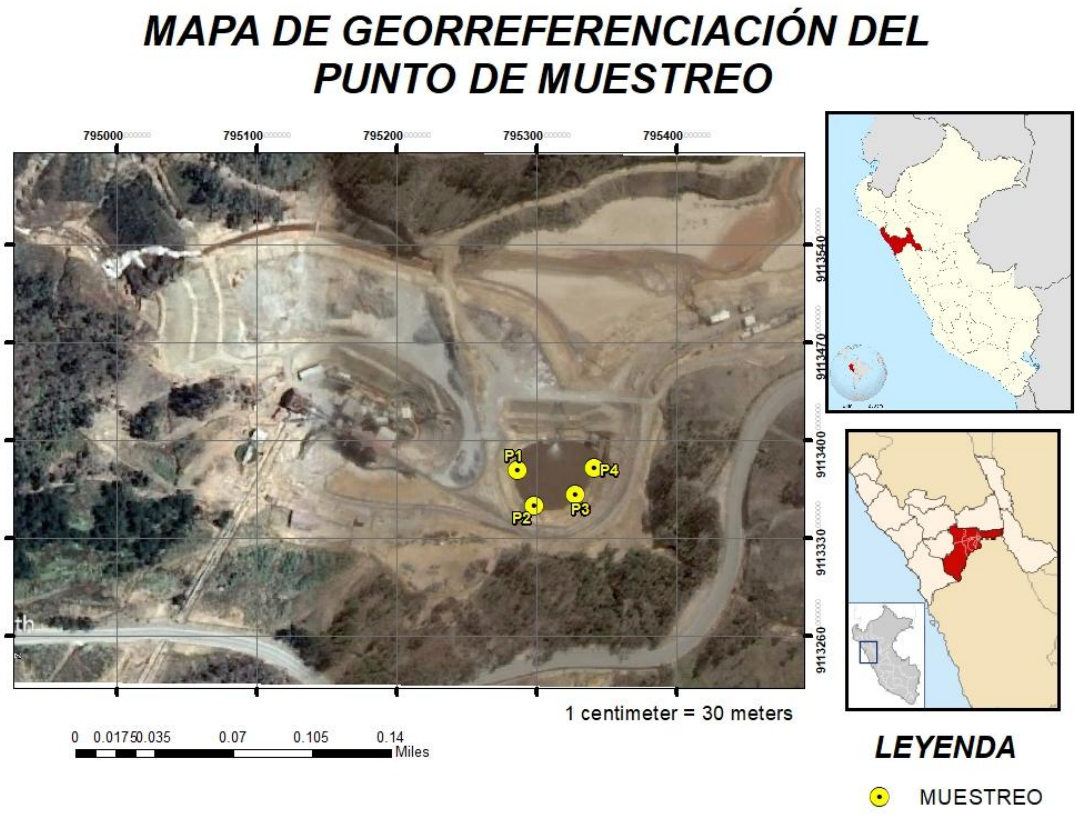
World Health Organization. (2016). International lead poisoning prevention awareness campaign week of actiont. Recuperado de https://www.who.int/ipcs/lead_campaign/en/

Yauyo Verástegui, R. R. (2013). Metodología para la gestión de pasivos ambientales mineros. Universidad Nacional de Ingeniería.

Yin, K., Wang, Q., Lv, M., & Chen, L. (2018). Microorganism remediation strategies towards heavy metals. *Chemical Engineering Journal, 360*, 1553-1563.

ANEXOS

ANEXO n.° 1. Mapa de Georreferenciación del punto de muestreo.



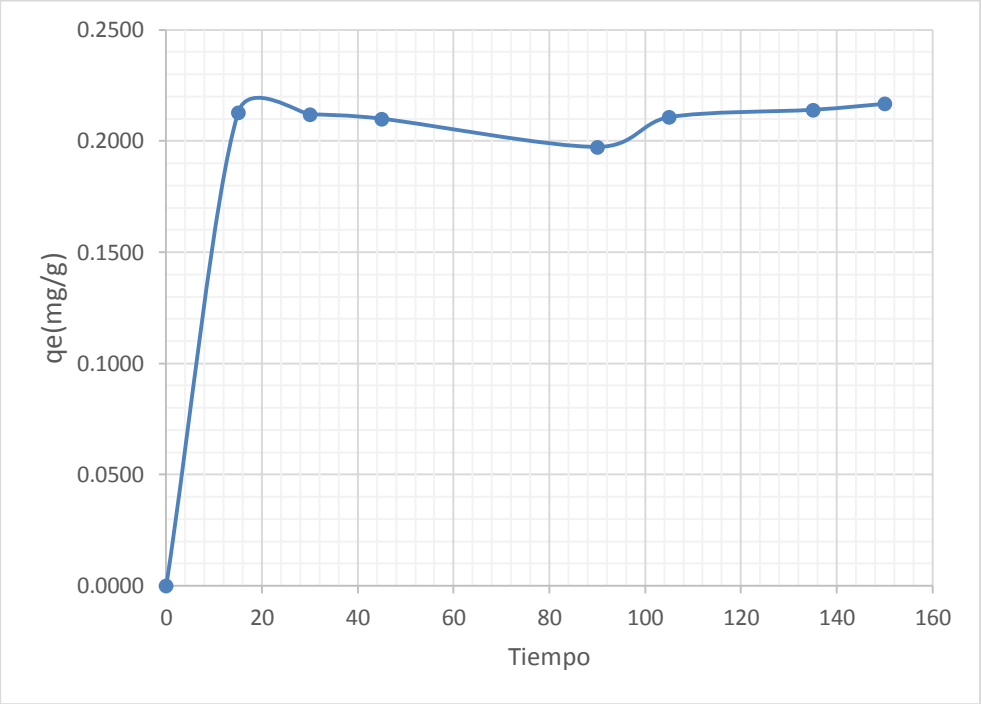
Parámetro a analizar	Puntos de muestreo	Ubicaciones coordenadas	Ubicación UTM Modelo de elipsoide WG84
Pb	P1	Este: 795284.60 Norte: 9113379.13	Zona: 17 Hemisferio: L Alcance: 2042m
	P2	Este: 795290.58 Norte: 9113353.43	
	P3	Este: 795323.18 Norte: 9113351.99	
	P4	Este: 795340.56 Norte: 9113376.32	

ANEXO n.° 2. Resultado de la remoción de plomo (II) con pH 2,4 y 6

		Potencial de hidrógeno (pH)					
		2		4		6	
Tiempo de contacto (minutos)	30	80.25	81.27	72.66	74.43	63.54	66.58
		80.25		71.90		68.86	
		83.29		78.73		67.34	
	60	82.53	84.30	83.29	76.96	76.46	75.70
		84.81		81.01		71.90	
		85.57		66.58		78.73	
	90	77.97	86.84	88.61	77.72	82.53	75.95
		93.16		71.14		65.06	
		89.37		73.42		80.25	

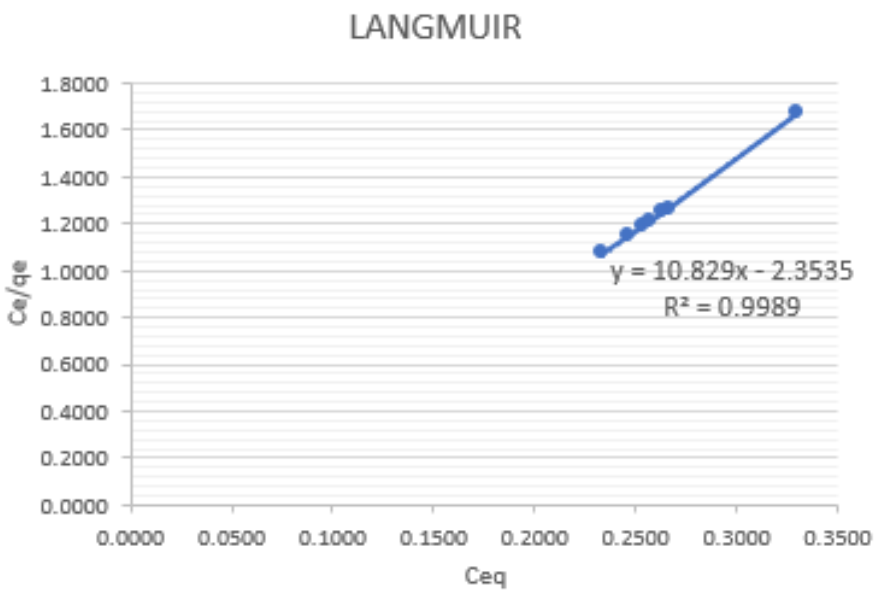
ANEXO n.° 3. Isoterma de adsorción (Langmuir y Freundlich)

			LANGMUIR		FREUNDLICH	
Tiempo	**Concentración final promedio de adsorbato [ppm]**	**qe promedio**	**(Ceq)**	**Ce/qe**	**Log (Ceq)**	**Log (qe)**
0	0.0000	0.0000	0.0000	0	0	0
15	0.2533	0.2127	0.2533	1.1912	-0.5963	-0.6723
30	0.2567	0.2120	0.2567	1.2107	-0.5906	-0.6737
45	0.2667	0.2100	0.2667	1.2698	-0.5740	-0.6778
90	0.3300	0.1973	0.3300	1.6723	-0.4815	-0.7048
105	0.2633	0.2107	0.2633	1.2500	-0.5795	-0.6764
135	0.2467	0.2140	0.2467	1.1526	-0.6079	-0.6696
150	0.2333	0.2167	0.2333	1.0769	-0.6320	-0.6642



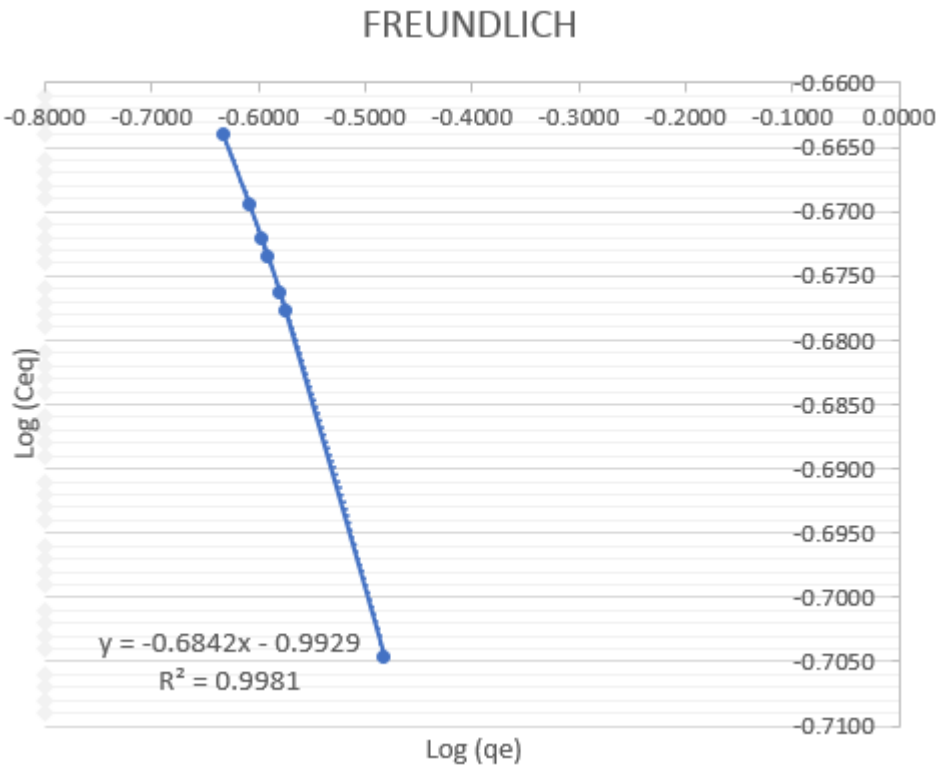
ANEXO n.° 4. Isoterma de adsorción (Langmuir)

LANGMUIR					
a	**b**	**Qmax(mg/g)**	**KL(1/mg)**	**RL**	**R^2**
2.3535	10.8290	0.09	4.6012	**0.8921**	0.9989



ANEXO n.° 5. . Isoterma de adsorción (Freundlich)

FREUNDLICH				
a	**b**	**n**	**KF(mg/g)**	**R^2**
0.9929	0.6842	1.4616	2.6991	0.9981



ANEXO n.° 6. Cinética de adsorción

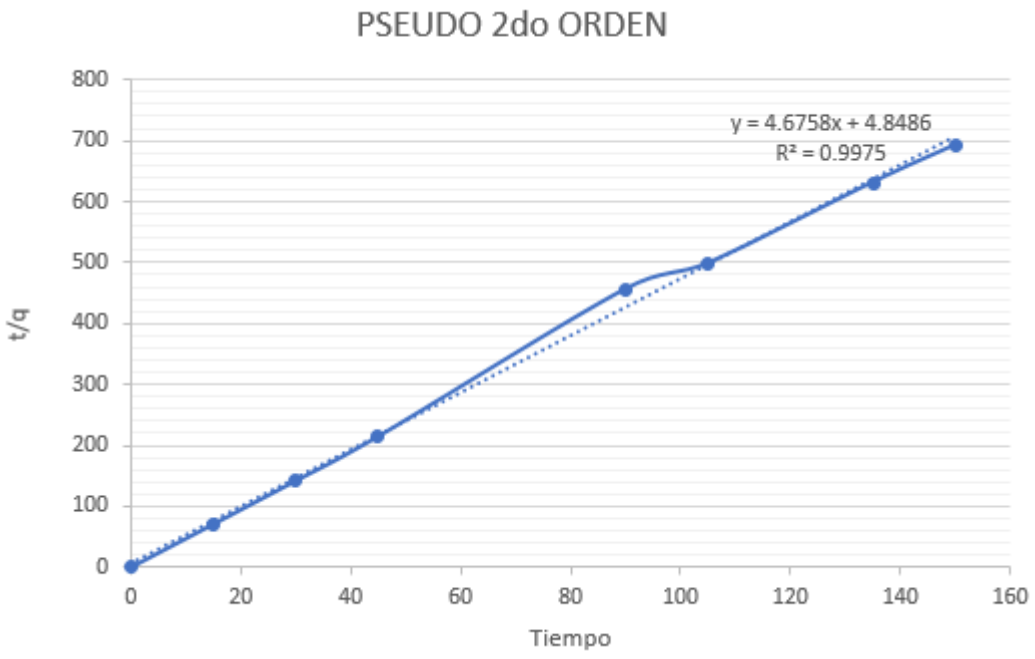
			PSEUDO 1ER ORDEN	PSEUDO 2DO ORDEN
Tiempo	**Concentración final promedio de adsorbato [ppm]**	**qe promedio**	**Log(Cqe-q)**	**t/q**
0	0.0000	0.0000	0	0
15	0.2533	0.2127	-1.3908	70.5329
30	0.2567	0.2120	-1.3500	141.5094
45	0.2667	0.2100	-1.2467	214.2857
90	0.3300	0.1973	-0.8772	456.0811
105	0.2633	0.2107	-1.2785	498.4177
135	0.2467	0.2140	-1.4859	630.8411
150	0.2333	0.2167	-1.7782	692.3077

ANEXO n.° 7. Cinética de adsorción (Pseudo primero orden)

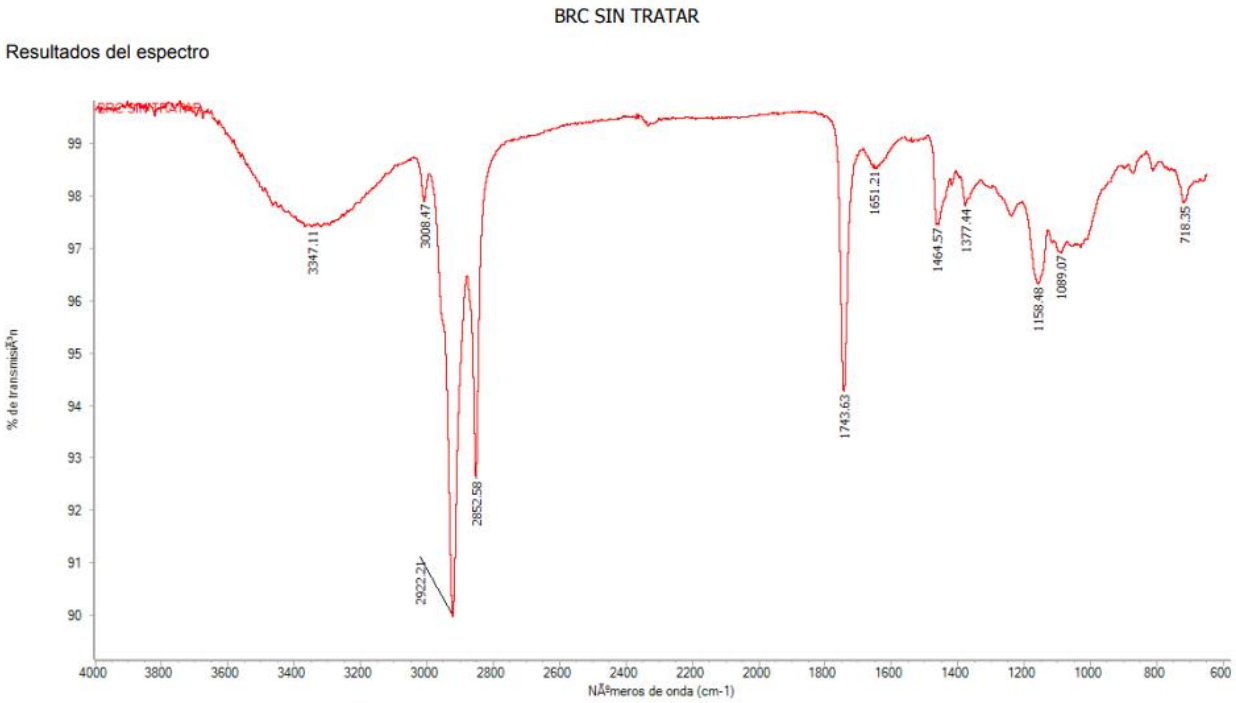
PSEUDO PRIMER ORDEN					
a	**b**	**c**	**Qe(mg/g)**	**K1(g/mg.min**	**R^2**
0.1825	-0.0003	2.303	1.00	0.4203	0.614

ANEXO n.° 8. Cinética de adsorción (Pseudo segundo orden)

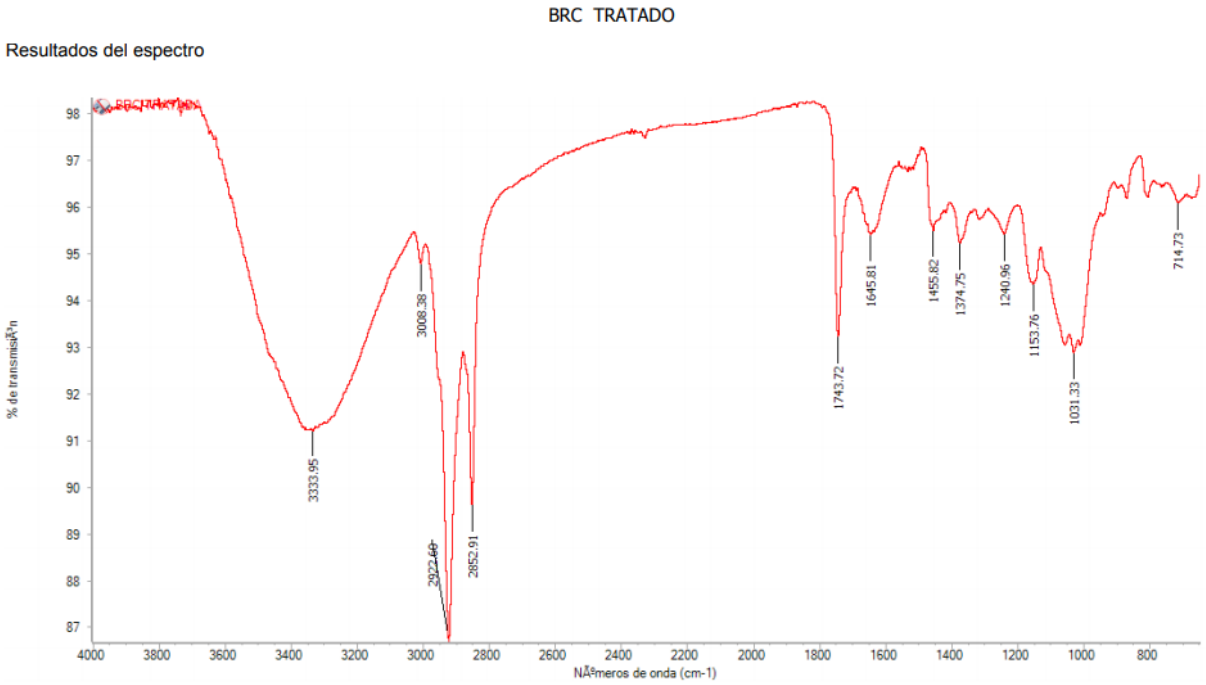
PSEUDO SEGUNDO ORDEN					
a	**b**	**Qe(mg/g)**	**K2(g/mg.min**	**h**	**R^2**
390.9200	9.8418	0.1016	0.2478	0.0026	0.9932



ANEXO n.° 9. Espectro ATR FT-IR de borra de café sin tratar



ANEXO n.° 10. Espectro ATR FT-IR de borra de café pretratada



ANEXO n.° 11. Preparación de los equipos y materiales para el muestro de agua

ANEXO n.° 12. Análisis in-situ de pH y temperatura de la muestra de agua.

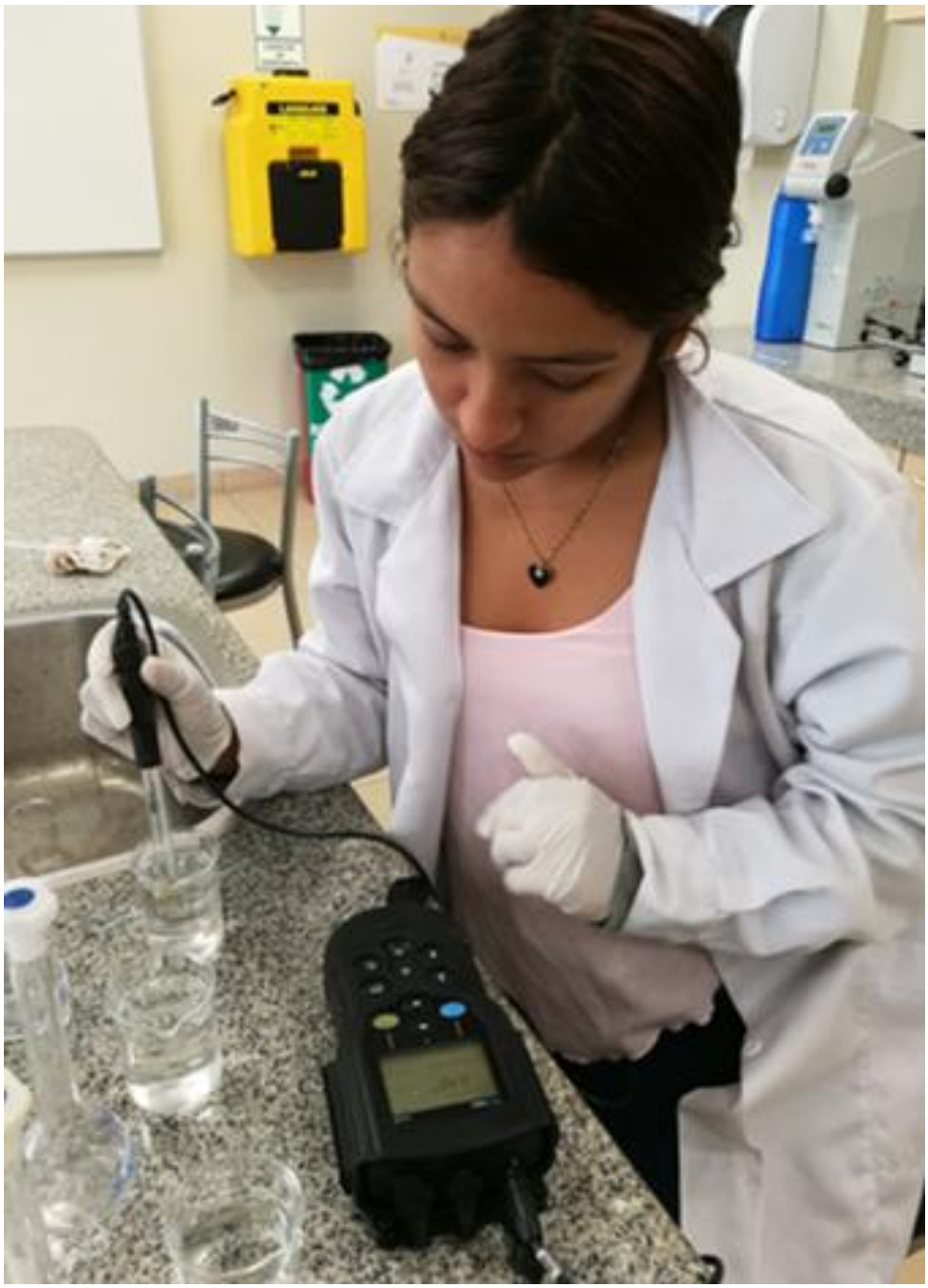
ANEXO n.° 13. Coordenadas del punto de muestreo para georreferenciación.

ANEXO n.° 14. Obtención de la borra de café de la cafetería de la Universidad Privada del Norte.

ANEXO n.° 15. Proceso de activación de la borra de café- lavado.

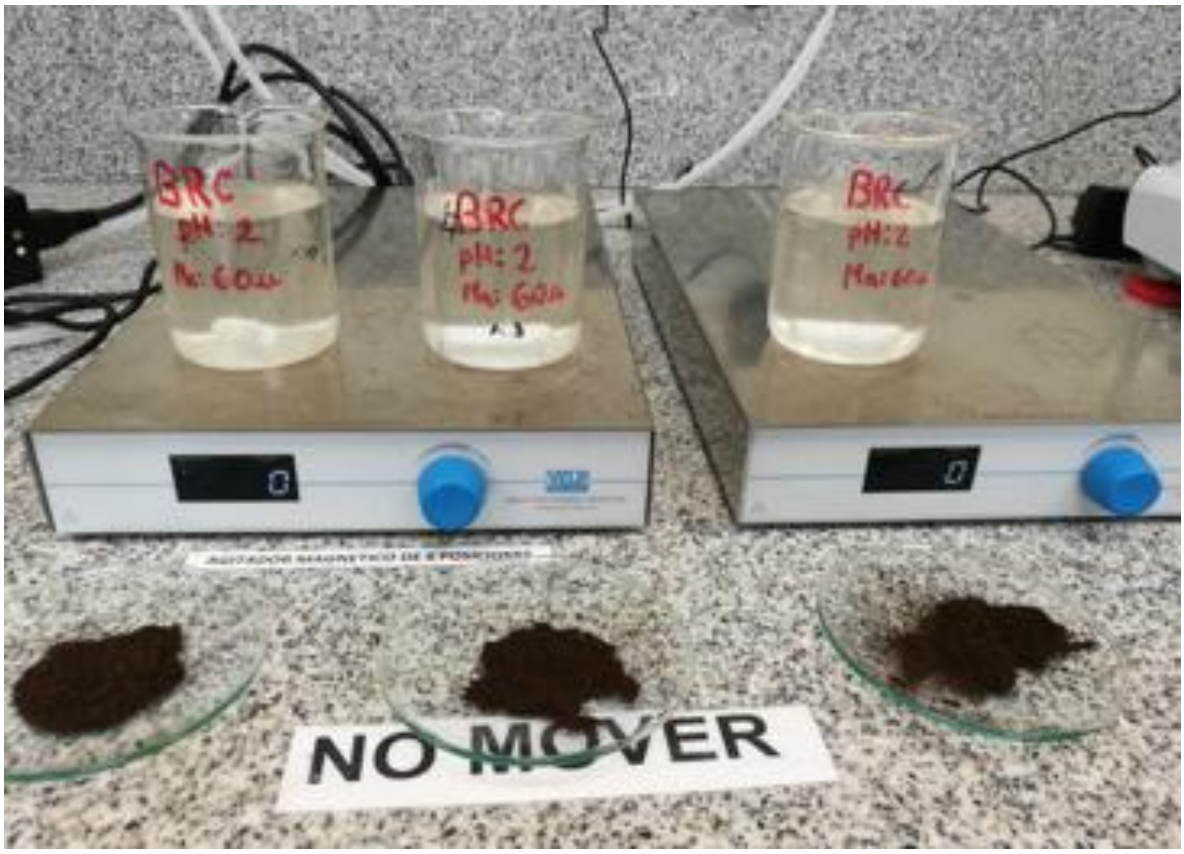
ANEXO n.° 16. Tamizado de la muestra seca de borra de café.

ANEXO n.° 17. Caracterización de la muestra de agua.



ANEXO n.° 18.Muestras con pH inicial

ANEXO n.° 19. Muestras final con 250 micrómetros de tamaño de partícula y 90 minutos de agitación.



ANEXO n.° 20. Muestras del efecto del tiempo listas para análisis.

ANEXO n.° 21. Cadena de custodia.

CADENA DE CUSTODIA

CLIENTE: Estefany Argomedo, Jair Carbajal **Dirección:** Quiruvilca - Santiago de Chuco

Telf. / E-mail: 944101578

Muestra	Muestreo		Frasco		Requerimiento de Análisis				
					Turbidez	O.D.	pH	Temp. (°C)	C.E (us/cm)
Fuente	*Fecha*	*Hora*	*Tipo*	*Cant.*	*In-situ*				
Relave Minero	04.02.19	9:00 a. m.	Plastico	1			3	14.1	
Relave Minero	04.02.19	9:00 a. m.	Plastico	1			3	14.8	
Relave Minero	04.02.19	9:00 a. m.	Plastico	1			3	15	
Relave Minero	04.02.19	9:00 p. m.	Plastico	1			3	14.5	

FUENTE:

Manantial [M] [R] Río [L] Laguna [X] Efluente Minero Otros [O]

1.Generales:
2. Metales pesados: Pb en agua
3. Cianuros
4. Nutrientes
5.Microbiologicos
6. Otros

Comentarios: Las muestras fueron tomadas en la relavera de la Mina Quiruvilca, ubicada en la sierra Libertaña a unas 3 horas y media de viaje.

Embalaje: ***Recipiente:*** _____ Plástico ***Refrigerado:*** SI [X] NO [ ]

ANEXO n.° 22. Etiqueta para muestras de agua.

MUESTRAS PARA ANALIZAR – EFLUENTE MINERO QUIRUVILCA

MUESTREADORES: Estefany Argomedo, Jair Carbajal **FECHA:** 04/02/2019

HORA: 8:00 am – 10:00 am

LUGAR DE MUESTREO: Zona de Quiruvilca (efluente minero)

NOMBRE DE MUESTRA: Punto 1, punto 2, punto 3, punto 4.

ANALISIS: Pb (II)

LUGAR DE DESTINO: UPN – LABORATORIO

ANEXO N° 23. Limites máximo permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades mineros – Metalúrgicas

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA LA DESCARGA DE EFLUENTES LÍQUIDOS DE ACTIVIDAD MINERO – METALÚRGICAS

Parámetro	Unidad	Limite en cualquier momento	Límite para el promedio anual
pH		6 - 9	6 – 9
Solidos Totales en suspensión	mg/L	50	25
Aceites y Grasas	mg/L	20	16
Cianuro Total	mg/L	1	0,8
Arsénico Total	mg/L	0,1	0,08
Cadmio Total	mg/L	0,05	0,04
Cromo Hexavalente(*)	mg/L	0,1	0,08
Cobre Total	mg/L	0,5	0,4
Hierro (Disuelto)	mg/L	2	1,6
Plomo Total	mg/L	0,2	0,16
Mercurio Total	mg/L	0,002	0,0016
Zinc Total	mg/L	1,5	1,2

ANEXO N° 24. Resultado de las pruebas de reducción de plomo

A. 1.

Resultados del porcentaje de remoción plomo (II) después de realizar p la influencia del tiempo de contacto y tamaño de partícula.

		Tamaño de partícula (µm)					
		850		425		250	
Tiempo de contacto (minutos)	30	49.45 51.26 50.20	50.30	61.59 62.36 63.00	62.32	75.97 74.62 74.98	75.19
	60	58.12 57.71 60.23	58.69	67.89 69.93 69.50	69.11	82.14 81.00 84.26	82.47
	90	53.80 52.90 54.83	53.84	74.97 74.88 75.00	74.95	87.71 87.09 88.75	87.85

Nota: En la tabla se muestra los resultados de la concentración de plomo II final en porcentaje.

ANEXO N°25. Certificado de calibración agitador magnético

Kossodo
el mejor EQUIPO para su laboratorio

ISO 9001 BUREAU VERITAS Certification

CERTIFICADO DE GARANTÍA

Fecha de emisión: **30/07/2018**

KOSSODO SAC garantiza la calidad de este producto y repara en forma gratuita cualquier desperfecto de fabricación dentro del periodo de garantía bajo las condiciones descritas. El producto está garantizado a partir de la emisión del presente documento.

Datos del cliente

Razón Social	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	**RUC**	20215276024

Datos del producto

Descripción	Marca	Modelo	Código	N° Serie	Historial N°
AGITADOR MAGNET. S/CALENT. 06 POSICIONES, DIGITAL	VELP	MULTISTIRRER Digital 6	F203A0179	450359	VE03130

PERIODO: 12 MESES

CONDICIONES BAJO LAS CUALES LA GARANTIA NO SE HARÁ EFECTIVA

- Sello de garantía y/o número de serie dañado, retirado o alterado.
- Desarme, reparación, revisión o alteración realizada por personal técnico no autorizado.
- Daños causados por negligencia y/o mal uso del equipo, o dar uso distinto a lo indicado en el manual de instrucciones.
- Conectar el equipo a una fuente de suministro con voltaje incorrecta, o fallas en la fuente de suministro eléctrico.
- Desgaste normal de componentes y piezas por efecto del uso.
- Daños ocasionados durante el almacenamiento, transporte o por manipulación inadecuada.
- Accesorios con tiempo de vida limitado, cuyas partes están expuestas a solventes, reactivos o muestras (electrodos, lámparas, resistencias, etc.).
- Instalar sin autorización de KOSSODO SAC (Aplicable a equipos que requieren personal técnico para su instalación).
- Mover o reinstalar los equipos de la ubicación inicial sin Autorización del área de servicio técnico de KOSSODO SAC (No aplicable a equipos a batería portátiles de bolsillo o de mesa).

RECOMENDACIONES PARA CUIDAR SU EQUIPO

- Realice mantenimientos preventivos con frecuencia. Los mantenimientos preventivos están en función del uso, tipo de muestras, condiciones ambientales, entre otros. Consulte a personal de servicio técnico de KOSSODO SAC para la asesoría correspondiente.
- Cumplir con las recomendaciones señaladas en el manual de instrucciones del fabricante respecto al almacenaje, uso y cuidados.
- Para cualquier consulta o desperfecto en su equipo comuníquese al teléfono: 6198400 anexos 1301, 1302 o vía correo electrónico a: servtec@kossodo.com.

F-ST-04 Versión 00 Aprobado el 2017-01-17 Página 1 de 1

ANEXO N° 26. Certificado de calibración multiparámetro

OMEGA PERU S.A.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

0081-OP.M-2018

ÁREA DE METROLOGÍA

Solicitante : **UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.**
Dirección : **Av. El Ejercito N° 920 - 976, Trujillo**
Expediente : **27717**
Referencia : **O/C N° PER03-0000045795**
Instrumento de Medición : **MEDIDOR MULTIPARÁMETRO (EN PARÁMETRO DE PH)**
Alcance de Indicación : **0,00 a 14,00 pH (*)(**)**
Resolución : **0,001 / 0,01 / 0,1 pH (*)(**)**
Marca : **Hach Co.**
Modelo : **HQ40d**
Serie : **130800092366**
Código : **S/N**
Procedencia : **U.S.A.**
Modelo del Electrodo : **PHC30101**
Serie del Electrodo : **180782577017**

Método de Calibración
La calibración se ha realizado siguiendo el procedimiento PC-OMEGA-001 para la Calibración de pHmetros Digitales
Fecha de Calibración : 26/04/2018
Lugar de Calibración : LABORATORIO DE METROLOGÍA - OMEGA PERÚ S.A.

Condiciones Ambientales

Temperatura	24 °C
Humedad Relativa	70 %
Presión Atmosférica	1001 mbar

Patrones de Referencia

Los resultados obtenidos tienen trazabilidad a la NIST / IUPAC	Certificado de Calibración / Nº de Lote
Termómetro Digital - Cole Parmer - Model 90205-01	T-2749-2017
Material de Referencia Certificado Marca Radiometer pH 4,005 @ 25 °C	1187-D-K-15184-01-00 2017-08 / C02432
Material de Referencia Certificado Marca Radiometer pH 7,000 @ 25 °C	1185-D-K-15184-01-00 2017-08 / C02430
Material de Referencia Certificado Marca Radiometer pH 10,012 @ 25 °C	1170 -D-K-15184-01-00 2017-06 / C02417

Resultados

Indicación (pH)	Valor de referencia (pH)	Corrección (pH)	Incertidumbre (pH)
4.00	4.004	0.004	0.012
7.01	7.003	-0.007	0.012
10.01	10.023	0.013	0.012

Nota: Los resultados de Calibración del medidor de pH están dados a la temperatura de referencia de 23.9 °C

Incertidumbre
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la Medición". Generalmente , el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Observaciones
- Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.
- Con fines de identificación de condición de calibrado se ha colocado una etiqueta autoadhesiva
(*) Indicado en el manual de instrucciones del fabricante
(**) Unidades de pH
-Los resultados corresponden al promedio de 3 mediciones

Sello | Fecha de Emisión 26/04/2018 | Responsable del Área de Metrología

Realizado por:

CONTROL ADMINISTRATIVO GERENCIA OMEGA PERU S.A.

Manuel Lezama De La Cruz
Técnico Laboratorio
OMEGA PERU S.A.
Área de Metrología

ÁREA DE METROLOGÍA RESPONSABLE OMEGA PERU S.A.

Ing. GIANCARLO GUEVARA CH.
C.I.P. N° 181920
Ing. Jr. Servicio Técnico
OMEGA PERU

HC-OP.M-001 Pág 1 / 1

ANEXO N° 27. Certificado de calibración Espectrofotómetro de absorción atómica

GRUPO TECNOLOGICO DEL PERU S.A.

INFORME N° - 026346IN

MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y VERIFICACION OPERACIONAL

Cliente:	*UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE*
Contacto - Responsable:	*Julio Cesar Gurreonero*
Instrumento:	*Espectrofotómetro AA*
Modelo:	*AA240FS Agilent / VGA 77 - Agilent*
Número de serie:	*MY15180004/MY15220007*
Identificación interna del equipo:	---
Fecha actual / Fecha próximo mantenimiento:	*Abril 27 2018 / Segun Cliente*
Versión de software:	*SpectrAA versión 5.3*
Número de incidente (Sólo Norteamérica):	

Ponga una marca en la sección correspondiente, después de haber realizado la verificación respectiva.
Agregue una descripción de lo realizado en la sección "Comentarios", si es necesario; cuando se realice alguna acción correctiva o cuando se observa una discrepancia menor que no amerita que sea tomada una acción correctiva.
Si se requiere espacio adicional, escriba los comentarios en hojas extras e incluya esas páginas en esta lista de verificación.

1. RESUMEN DEL MANTENIMIENTO

- Se realizo las pruebas de Ruido Inicial y Verificación Inicial de Cu de 5 ppm.

- Se verifica que los sensores de seguridad trabajan correctamente.

- Se realiza limpieza general interna y/o externa del equipo, la caja de gases, las tarjetas electrónicas, el sistema óptico, el compartimiento de lámparas y el bloque del quemador.

- Se limpia las ventanas de separacion del compartimiento de llamas

- Se verifico la conexión de cables y conectores del equipo, se encuentran en buen estado de conservacion.

- Se verifica que la lampara de deuterio trabaja correctamente.

- Se realizo las pruebas de Verificación Operacional con el SVD, Ruido Final, Blanco Reactivo y Verificacion Final con Cu de 5ppm alcanzando una Absorbancia 0.60 aproximadamente.

- Se realiza mantenimiento preventivo al generador de Hidruros, se revisa las conexión al argon, sensor de baja presion y funcionamiento de la bomba persitaltica.