



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Remoción de metales provenientes de un relave minero
en Pasco a través de nano burbujas de aire**

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

AUTORES:

Chipana Saavedra, Alberto Josue (orcid.org/0000-0002-8073-4121)

Runco Chavez, Christian Willians (orcid.org/0000-0001-9531-3090)

ASESOR:

Dr. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo (orcid.org/0000-0003-2526-112X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Innovación Tecnológica y Desarrollo Sostenible

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios por otorgarnos personas que nos apoyaron en esta etapa final de nuestros estudios. A nuestros padres que fueron los primeros en brindarnos apoyo y fuerza para culminar nuestro objetivo, esta tesis va dedicado para ellos.

Agradecimiento

A Dios por darnos fortaleza para afrontar en cada dificultad que se nos presente en el camino, también a nuestros padres por brindarnos el apoyo incondicional, a nuestro asesor Dr. Ing. Valverde Flores, Jhonny Wilfredo por la confianza y el apoyo en el tiempo de la investigación y a la Química Farmacéutica Bióloga Rosalvina de la Cruz por los consejos y el apoyo en el proceso de la investigación.

Índice de contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Índice de abreviatura	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. Introducción	1
II. Marco teórico.....	4
III. Metodología.....	17
3.1. Tipo y diseño de investigación	17
3.2. Variables y operacionalización	17
3.3. Población, muestra y muestreo	19
3.4. Instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Métodos de análisis de datos.....	23
3.6. Aspectos éticos	24
IV. Resultados.....	25
V. Discusión.....	52
VI. Conclusiones	58
VII. Recomendaciones.....	59
Referencias.....	60
Anexos	67

Índice de tablas

Tabla 1. Estadísticas de fiabilidad	20
Tabla 2. Resultados de los análisis de las muestras antes y después.....	29
Tabla 3. Resultados de los metales pesados en la parte inferior	31
Tabla 4. Resultados de los metales pesados en la parte superior	33
Tabla 5. Unidad de medidas de las micronanoburbujas	36
Tabla 6. Matriz de operacionalización de variables	68
Tabla 7. Instrumento de recolección.....	70

Índice de figuras

Figura 1. Construcción del equipo	22
Figura 2. Aplicación del tratamiento.....	22
Figura 3. Recolección de la muestra del relave minero.....	26
Figura 4. Homogenización de la muestra	26
Figura 5. Recolección de la muestra y llenado	26
Figura 6. Llenado del relave en el depósito de muestra	27
Figura 8. Se adaptó la compresora de aire.....	27
Figura 7. Se acoplo la bomba de agua en el generador de NB.	27
Figura 9. Tratamiento del relave minero en el equipo de.....	28
Figura 10. Etiquetado, rotulado y análisis de la toma de muestra de la base ...	28
Figura 11. Etiquetado, rotulado y análisis de la toma de muestra de la altura..	29
Figura 12. Resultados antes y después de la conductividad	30
Figura 13. Resultados antes y después del pH	30
Figura 14. Resultado del porcentaje de reducción de metales	32
Figura 15. Resultado del porcentaje de reducción de metales M1B1T-15	32
Figura 16. Resultado del porcentaje de reducción de metales M1B1T-20	33
Figura 17. Resultado del porcentaje de reducción de metales M1A6T-10	34
Figura 18. Resultado del porcentaje de reducción de metales M1A6T-15	35
Figura 19. Resultado del porcentaje de reducción de metales M1A6T-20	35
Figura 20. Cantidad y medida de las MNB	36

Índice de abreviaturas

DBO ₅	:	Demanda Bioquímica de Oxígeno
Ph	:	Potencial de Hidrogeno
DQO	:	Demanda Química de Oxígeno
Nb	:	nano burbujas
LMP	:	Limites Máximo Permisible
PVC	:	Policlururo de Vinilo
Mb	:	Megabyte
As	:	Arsénico
Co	:	Cobalto
Zn	:	Zinc
Ni	:	Níquel
Cu	:	Cobre
Fe	:	Hierro
Mn	:	Manganeso
Ag	:	Plata
Sn	:	Estanio
Pa	:	Pascal
Atm	:	Atmosfera
M0	:	Muestra inicial
M1B1T10	:	Muestra uno de la base uno en el tiempo de 10 minutos
M1A6T10	:	Muestra uno de la altura seis en el tiempo de 10 minutos
M2B1T15	:	Muestra dos de la base uno en el tiempo de 15 minutos
M2A6T15	:	Muestra dos de la altura seis en el tiempo de 15 minutos
M3B1T20	:	Muestra tres de la base uno en el tiempo de 20 minutos
M3A6T20	:	Muestra tres de la altura seis en el tiempo de 20 minutos

Resumen

La investigación realizada tuvo como objetivo remover los metales pesados encontrados en el relave minero de Pasco aplicando la micronanoburbujas de aire. La muestra tratada de relave minero de 9 litros pasó por el equipo de remoción durante un tiempo de 20 minutos. El tiempo para la obtención de muestra fue de 10 min, 15 min y 20 min siendo 3 tiempos distintos. Se rotularon en diferentes estaciones siendo: M1B1T10 (Muestra uno de la base uno en el tiempo de 10 minutos), M2B1T15 (Muestra dos de la base uno en el tiempo de 15 minutos), M3B1T20 (Muestra tres de la base uno en el tiempo de 20 minutos), M1A6T10 (Muestra uno de la altura seis en el tiempo de 10 minutos), M2A6T15 (Muestra dos de la altura seis en el tiempo de 15 minutos) y M3A6T20 (Muestra tres de la altura seis en el tiempo de 20 minutos). Finalmente se analizaron y compararon los datos obtenidos después de la aplicación la primera muestra con la segunda y la tercera. Los resultados obtenidos de acuerdo al tiempo de 10 minutos en M1 B1T-10 fue 26 % en el Arsénico, cobre 34 % y plomo 33%. En el tiempo de 15 minutos, los resultados fueron: arsénico 32 %, cobre 37 % y plomo 41 %. En el tiempo de 20 minutos, los resultados fueron: arsénico 35 %, cobre 40 % y plomo 46 %. Siendo la mayor reducción el tiempo de 20 minutos. En la prueba M1A6T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 32% y 40% respectivamente. En la prueba M1A6T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 24%, 30% y 39%. En la prueba M1A6T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 36%, 37% y 46% respectivamente.

Palabras clave: nanoburbujas, relave minero, aire.

Abstract

The objective of the research carried out was to remove the heavy metals found in the Pasco mine tailings by applying the air micronano bubbles. The treated sample of mine tailings of 9 liters passed through the removal equipment for a period of 20 minutes. The time to obtain the sample was 10 min, 15 min and 20 min, being 3 different times. They were labeled at different stations being: M1B1T10 (Sample one from base one in the time of 10 minutes), M2B1T15 (Sample two from base one in the time of 15 minutes), M3B1T20 (Sample three from base one in the time 20 minutes), M1A6T10 (Shows one from height six in the time of 10 minutes), M2A6T15 (Shows two from height six in the time of 15 minutes) and M3A6T20 (Shows three from height six in the time of 20 minutes). Finally, the data obtained after applying the first sample with the second and third were analyzed and compared. The results obtained according to the time of 10 minutes in M1 B1T-10 were 26% in Arsenic, copper 34% and lead 33%. In the time of 15 minutes, the results were: arsenic 32%, copper 37% and lead 41%. In the time of 20 minutes, the results were: arsenic 35%, copper 40% and lead 46%. The greatest reduction being the time of 20 minutes. In the M1A6T10 minute test, the removal of arsenic, copper, and lead was 26%, 32%, and 40%, respectively. In the M1A6T15 minute test, the removal of arsenic, copper, and lead was 24%, 30%, and 39%. In the M1A6T20 minute test, the removal of arsenic, copper, and lead was 36%, 37%, and 46%, respectively.

Keywords: nanobubbles, mining tailings, air.

I. INTRODUCCIÓN

El sector minero es uno de los rubros más importantes en la economía peruana. Existen más de 398 unidades mineras en el Perú, ya sea de explotación o exploración, sin embargo, esto causa muchos impactos negativos al hombre y al medio ambiente por ser una actividad extractiva. El impacto es causado en muchos elementos naturales como el agua, suelo, aire.

El agua es un recurso natural y principal del hombre y del planeta, por lo cual es importante su cuidado y preservación. Es vital para nosotros y nuestro planeta. Sin embargo, inversamente los cuerpos de agua son contaminados con más frecuencia, ya sea por actividades humanas o naturales, siendo la actividad humana la que causa más impactos negativos debido a que generan efluentes de urbanizaciones y de las industrias que se encuentran en la zona, entre las cuales se encuentra la minería (Villena, 2018).

La minería es una actividad extractiva producidas por empresas metalúrgicas, sin embargo, esta actividad produce un residuo minero llamado relave. Estos relaves contienen una concentración de contaminantes que varía según su origen de generación. Los residuos mineros presentan alteraciones en su pH, Turbidez, DBO₅, DQO, Concentración y otros parámetros físicos químicos.

Los contaminantes encontrados en los relaves mineros comúnmente son metales pesados, entre los cuales encontramos, hierro, cobre, manganeso, zinc, cromo, plomo y magnesio y otros, todo esto ocurre por la extracción de metales específicos que requiere la minería como plata, aluminio, oro, mercurio plomo, hierro que son empleados como materias primas básicas para crear o fabricar una serie de productos industriales que se demanda (Astete, Gastañaga y Pérez 2014).

Si bien las extracciones de estos metales por parte de las empresas mineras generan impactos positivos para las personas mejorando su

calidad de vida, también generan impactos negativos que pueden causar secuelas irreversibles en el ambiente y la salud, principalmente por la técnica y métodos que se usan para la extracción de estos metales ya que, en algunas técnicas de extracción se adicionan químicos. Las actividades humanas de minería, generan impactos negativos al medio ambiente, estos efectos incluyen pérdida de biodiversidad, erosión, contaminación de agua superficial y subterránea.

La nanotecnología es el estudio a escala manométrica donde permite estudiar fenómenos que ocurren a nivel atómico. En la actualidad existen diversas aplicaciones prácticas como las nano burbujas que se aplican al tratamiento de recuperación en aguas contaminadas como empresas textiles, aguas residuales y contaminantes orgánicos.

En esta investigación se busca remover los metales provenientes de la unidad minera. ¿Cuáles serán las concentraciones de las características físicos-químicas del efluente antes y después de aplicar el método de nanoburbujas? ¿Cuál será el tiempo de remoción de los metales a través de la aplicación de nanoburbujas?

Nuestra investigación pretende remover los metales pesados encontrados en el relave minero (oro, hierro, cobre, manganeso, zinc, cromo y plomo), empleando la aplicación de nano burbujas con el fin de recuperar el efluente contaminado, para disminuir el impacto ambiental que pueda ocasionar. El alcance de esta investigación se demostró mediante la eficiencia que pueda tener el instrumento tecnológico dando a conocer un nuevo método de separación de metales multifuncional y la recuperación de un recurso importante como el agua.

El objetivo general de este estudio fue remover los metales pesados encontrados en un relave minero para disminuir la concentración, en el efluente minero de Pasco, aplicando nanoburbujas de aire y oxígeno. El objetivo específico es; determinar las concentraciones de

las características físico-químicas en el relave minero antes y después del tratamiento aplicando las nanoburbujas y determinar el tiempo óptimo para la remoción de metales encontrados en el relave minero de Pasco aplicando las nanoburbujas.

Las hipótesis de esta investigación es que la aplicación de micro-nano burbujas remueve metales pesados encontrados en el relave minero de Pasco. Las concentraciones de las propiedades físico-químicas del relave minero antes tratamiento y después del tratamiento aplicando las nanoburbujas mejoran la calidad de agua. El tiempo del tratamiento para remover los metales encontrados en el relave minero de Pasco aplicando las nanoburbujas es el óptimo.

II. MARCO TEÓRICO

Las nano-burbujas de aire se generaron a través de un tubo de Venturi de 3.81 cm en diámetro (PVC), la muestra utilizada fue de 1m³ de agua residual y se reforzó el contenedor con varillas de acero, se hicieron 5 pruebas con un tiempo de inyección de 2, 4, 6, 8 y 10 horas con un volumen de 1m³. La aplicación de nano-burbujas redujeron los niveles de contaminación de las aguas residuales domésticas. La mayor remoción se debe a la implosión de oxígeno del aire dentro de las moléculas de la materia orgánica, las nano burbujas permanecieron en promedio de 4-8 horas en la capa líquida en la cual las aguas superan los LMP del DQO (88 mg/L), DBO5 (59 mg/L) y sólidos totales (138 mg/L). Bajo un porcentaje en DQO en un 0,87% y en el DBO 79,92%, en un periodo de 4 – 8 horas en la capa líquida. El análisis para 2, 4, 6, 8 y 10 horas de inyección de aire fueron, en las 2 horas de inyección de aire se logró una remoción de un 0,87% y en 8 horas de inyección de aire se alcanzó 79,92% como máximo valor de remoción y a las 10 horas no hay una disminución de la DQO (Maccasi, 2017).

Los experimentos se realizaron en un recipiente de saturación de acrílico. Para la generación de burbujas de aire las medidas fueron (2.5 L, h = 400 mm, diámetro = 110 mm, equipado con un manómetro y una válvula de aguja) una columna de vidrio. Para la separación de MB las medidas fueron (2 L, h = 250 mm, diámetro = 100 mm). Para las etapas de floculación y flotación las medidas fueron de (2.5 L, h = 330 mm, diámetro = 100 mm) y un agitador mecánico de la marca Fisatom (modelo 713D). La válvula se inyectó directamente en la columna de vidrio (sin separación de MB y NB). Para realizar las pruebas se utilizó un volumen de 800 mL de la emulsión oleosa que se transfirió a la columna de vidrio. La floculación se realizó usando etapas de mezcla rápidas (1 min, G = 2400 s⁻¹), seguido de una mezcla lenta (5 min, G = 30 s⁻¹) por el uso del agitador mecánico. La flotación se realizó con 200 ml de suspensión de burbujas en la celda

de flotación, correspondiente a una relación de reciclaje del 25%. Se recogieron alícuotas de 100 ml para el análisis de concentración de aceite. Los ensayos se realizaron por triplicado y se analizaron los resultados. En términos de eficiencia de eliminación de aceite (%), según la disminución. La eliminación de los aceites fue eficiente en un 99 %, el resultado con la flotación fue instantáneo y continuo en su modelo. Se dice que las nano-burbujas obtienen y se unen con las gotas de aceite, ya que anteriormente apoyo en el desarrollo de la flotación (Etchepare, Et Al, 2017).

Los experimentos se realizaron con agua residual sintética. Las soluciones se prepararon a partir de sus sales como el cobre ($\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), plomo de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, níquel (NiCl_2). Se preparó una muestra de agua a partir de sales metálicas que se disolvieron en destilado con concentraciones de 20 mg/L. En primer lugar, los parámetros se optimizaron con 20 mg/L de iones metálicos individuales (cobre, cadmio, zinc, níquel, plomo), individualmente y todos juntos. Los metales como el Zinc fueron reducidos a bajas concentraciones. Los procesos con estos metales fueron efectivos con un pH 9 y se descubrió que la eliminación de metal fue superior al 80% en toda la velocidad del rotor y la mayor remoción se obtuvieron como 89.5% a 900 rpm. (Yenial y Bulut, 2017).

La Flotación fue realizada en una celda Outotec de 1,5 L a escala de laboratorio, las burbujas generadas fueron de aire. La muestra del relave fue recolectada de la mina Pyhäsalmi, los experimentos de flotación se realizaron con agua desionizada. El colector utilizado en este estudio fue un isobutil xantato de sodio de grado industrial (SIBX). El vaporizador fue NasFroth 350. Se eligieron estos reactivos porque representan una sustancia química típica. Se minimizo el impacto ambiental de los relaves sulfídicos sin el consumo extenso de recursos adicionales. La recuperación de azufre y los resultados de grado obtenidos después de 30 minutos fueron de 30% a 92%. Esto justifica aún más los niveles elegidos para el DoE. El uso de la flotación también resultó en una mejora de las propiedades

ambientales de los relaves en términos de un mayor valor de NPR, concentraciones reducidas de metales pesados tóxicos como As, Co y Zn, así como reducciones significativas en las propiedades de lixiviación en términos de Ni y Zn (Nuorivaara, Björkqvist, Bacher y Serna, 2019).

La aplicación de la nano burbuja de diferentes hidrofobicidad aumentó la interacción entre burbuja y partícula, las burbujas generadas fueron de aire. Las nano-burbujas tenían un diámetro que oscila entre 110 y 180 μm . La burbuja de flotación convencional se realizó con vidrio "ballontini". Se trató una muestra de esferas de vidrio de 10 kg, con ácido (2.5% v/v H_2SO_4) durante 15 minutos a 60 °C. Se hidrofobizaron en diferentes condiciones controlando la concentración de trimetilclorosilano (TMCS) en el ciclohexano con una concentración de 5%, 2.5%, 1.25% y 0.625% para producir cuatro diferentes grados de hidrofobicidad. Mejoró la interacción de la burbuja de partículas al reducir el tiempo de inducción de 75 m/s a 52 m/s y 48 m/s respectivamente. La burbuja se rompe hasta un 50% más rápido. También se ha observado que las nano burbujas son capaces de producir finos agregados de partículas que facilitan el proceso de interacción entre partículas y burbujas (Dongping Tao y Sobhy, 2019).

La muestra fue preparada a partir de roca de cristal de cuarzo brasileño siendo triturados por rodillos al 100% mm y molienda de bolas (operación en seco autógena), su limpieza al 50% v/v HCl, y enjuague con agua destilada/desionizada. El material en polvo se almacenó en bolsas de plástico limpias, cada una con 50 g hasta su uso, para experimentos de flotación por aire. Las burbujas se generaron al despresurizar el agua saturada de aire a través de una válvula de aguja de acero (2 mm diámetro interno: Globo 0.12 - Santi) en una columna de vidrio vacía de 50 cm de alto; 2 cm de diámetro interno. La saturación de aire en el agua fue lograda en un recipiente de acero que contiene un recipiente de vidrio interno con una altura de 15 cm, un diámetro interno de 12 cm y un grosor de pared de 1 cm.

El contenedor tenía una altura de 14 cm, un diámetro interno de 10 cm, un grosor de pared de 0.5 cm y una capacidad real de 0.7 L. Los experimentos de flotación se realizaron usando un Denver mecánico de 2 L tipo celda de flotación acondicionando 200 g de partículas finas de cuarzo (b90 μm) con 1 mg de amina/g de cuarzo. La flotación se realizó durante 4 minutos con impulsor velocidad y flujo de aire fijos a 750 rpm y 6 L/min, respectivamente. La inyección de nano burbujas (200–720 nm) junto con burbujas gruesas convencionales (400–800 μm) mejoró las recuperaciones de flotación de finos de cuarzo y ultra finos en un 20 y 30% (Calgaroto, 2016).

La aplicación de flotación por espuma de aire, aumentó la eficiencia en la recuperación de partículas de CuO. La muestra de suelo utilizada fue húmeda y seca. La molienda en seco fue aplicada durante 50 minutos en un molino de bolas de laboratorio. Cuando se colocaron partículas de pirita en agua, generó más concentración de H_2O_2 que el suelo húmedo. Las muestras de tierra mostraron que hay enlaces SO y SCu en la superficie de las muestras de CuO (mecano química adsorción de azufre en superficies de CuO). La medición del potencial Zeta demostró que las propiedades superficiales de CuO se cambiaron como resultado de la molienda en seco donde el punto isoeléctrico de la muestra de CuO se cambió de pH 4 a 7. Los diferentes tipos de molienda pueden afectar la química de la pulpa, la superficie propiedades de los minerales, distribución del tamaño, liberación y finalmente eficiencia de flotación. Su eficiencia fue de un 90%. La recuperación de la tierra húmeda galena Después de la molienda con medios de acero suave es menor que para muestras molidas por medios inoxidable. Se observaron resultados similares. Cuando la muestra de tierra fue seca (Chehreh et al, 2019).

La muestra utilizada fue de 50 kg. Fue homogenizada y cuarteada, sacando una muestra de 1 kg de mineral, la cual se chancó y pulverizó a malla N° 100, obteniendo una muestra de 20 g de mineral que fue secada y posteriormente enviada al laboratorio para su análisis químico por oro y plata. El mineral restante se trituró y se tamizó por la malla 10, luego a 1 Kg de este mineral se hace la molienda respectiva por 20 minutos, hasta obtener 40% malla N° 200. Luego se repite los pasos anteriores hasta obtener las granulometrías de 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, y 85%, malla N° 200. Se retiró la pulpa del molino con cuidado y se lavó agregando agua sin pasar al 33% de sólidos, luego se llevó hacia el vaso de la celda de flotación por aire. Después de acondicionar con los reactivos se abrió ligeramente la válvula de aire y flotar durante 3 minutos, retirando las espumas, luego se procedió a secar el concentrado (espumas), se pesó y analizó por Oro y Plata. De la misma forma se procedió con el relave de la flotación. Con respecto al oro se obtuvo una recuperación del 60% N° 200 y para la plata a 70% N° 200, obteniéndose un valor de recuperación de 81.33 % para el oro y 89.45% para la plata (Mendoza, 2017).

La muestra tomada fue de 80kg. Luego se redujo manualmente para obtener una muestra representativa de 40 Kg. El 40 kg de mineral se reduce en la chancadora quijada MEPSA de dimensiones 5" por 4", hasta obtener un producto de 100% - 1/4". La celda de flotación utilizada fue de flotación de 21 (Denver). Las muestras de espumas de flotación de aire fueron tomadas a cabo de 0.5 min, 1 min, 2 min; 4 min y 8 min. Se recuperó el mineral sulfuro de cobre en los desmontes por el método de flotación. Mediante el proceso de flotación por espumas, se logró una recuperación de 87.93% para una

densidad de pulpa 1350 g/L, 0.929 g/L de colector (Z-11) y 0.029 mL de espumante (aceite de pino) (Utani y Lupo, 2014).

La aplicación de nano burbujas de oxígeno de diferentes tamaños fue favorable para la recuperación de ganga asociada con apatita. Las pruebas de flotación se realizaron en una columna acrílica, dividida en tres secciones: una sección cilíndrica de 4 cm de diámetro y 150 cm de largo; una sección troncocónica de 9,5 cm de altura; y un tercer cilindro, se midieron los caudales de aire y agua de lavado (0,15 L/min), utilizando medidores de flujo. Se midieron las burbujas teniendo un diámetro entre (300 μm) a (1000 μm). Las pruebas se realizaron con una carga circulante (0.50 L/min). La concentración de espuma fue de 15 ppm y su velocidad de flujo de alimentación fue 50 ml/min. El máximo contenido que obtuvo de P_2O_5 se dio en la flotación de apatita en donde se ejecutó con pequeñas burbujas ($d_{32} < 300 \mu\text{m}$). La recuperación de P_2O_5 se disminuyó en un 40%. El máximo obtención de P_2O_5 obtuvieron con burbujas grandes, pero con un resultado bajo de P_2O_5 . La composición química de las muestras de alimentación por flotación obtenidas por espectrometría de fluorescencia de rayos X fue 18.38% P_2O_5 , 23.72% CaO , 22.72% Fe_2O_3 , 14.74% SiO_2 , 2.43% Al_2O_3 , 0.65% MgO y 3.68% BaO . Por lo tanto, la mayor proporción de minerales de ganga asociada con apatita son silicatos y minerales de hierro (Reis, Et al, 2019).

Se utilizó espuma de aire para la remoción de minerales en la flotación de calcopirita (1,80 %), calallita (0,11 %), molibdenita (0,01 %), pirita (3,30 %), y ganga (93.90 %). La ganga contenía cuarzo (32.03 %), sericita (19,24 %), feldespato (13,22 %) y plagioclasa (10,07 %). En términos de ensayo metálico, las muestras tenían un 0,93 % de cobre (Cu), 0,05 % de molibdeno (Mo) y 3,80 % de hierro (Fe). La muestra proveniente fue de una planta de tratamientos de aguas residuales, los concentrados fueron muestreados en 1, 3, 6, 10 y 14 min. Los resultados de flotación mostraron un colector convencional eficiente, recuperando el Cu 64.1 %. Los biosólidos puros obtuvieron una

restauración de muestra de 60 % de Cu. La recuperación más alta lograda por el recolector no convencional es de 64.1 % para Cu y 44.2 % para Mo; relativamente cerca de los alcanzados por 76.2% para Cu y 46.5% para Mo. Los componentes principales puros de los biosólidos no lograron recuperaciones más altas, lo que implica un efecto sinérgico de los componentes de biomasa (Reyes, Et Al 2019).

La flotación mediante el gas de oxígeno tuvo lugar a pH natural = 6.5 con 130 g/etil xantato de potasio como colector. Se añadió sulfato de cobre como activador. Para la remoción de Cu, Ni y Fe. Las soluciones de lixiviación fueron preparadas con ácido sulfúrico de grado reactivo, calcio lignosulfonato y agua desionizada. El contenido de metales comunes, incluyendo Cu, Ni y Fe fueron detectados por ICP-AES análisis (IRIS Intrepid II, XRS). Los experimentos de lixiviación por oxidación a presión, fueron realizados en una autoclave vertical revestida de titanio de 2 L. Se obtiene la restauración con un porcentaje de Cu 87.6%, Ni 87.6% y Fe 90.3%. En condiciones óptimas, PMGs grado enriquecido en el concentrado de flotación es ocho veces mayor que el del concentrado crudo (Shuai, Et AL, 2019). La electrodeposición fabricada por compuestos de grafeno fue aplicada para la reducción de As y Cr. Los GC se sumergieron en agua contaminada con iones As y Cr que están conectados con dos hilos de cobre (0,5 mm de diámetro) que permiten aplicar un cable eléctrico. El voltaje de polarización aplicado fue de 1 V y el eléctrico corriente a través de los GC fue de 0,85 A. La potencia para la eliminación de contaminantes As y Cr fue de 141 mW / cm². La densidad de corriente que circulaba en los GC era ≈ 141 mA / cm². La mayoría de los iones As y Cr fueron absorbidos por ambas muestras durante 16 h con una tendencia cuasi-exponencial y permanecer casi constante después de 24 h. El valor final de As después de 40 h de inmersión fue de 14, 4 mg. La muestra GC-As resultó ser más efectiva para eliminar el contaminante As. La última muestra demostró un mejor rendimiento Los iones As y Cr también se eliminaron en presencia de agua potable y encontraron un aumento en el porcentaje

de reducción del 70% al 87%, Para As y del 70% al 98% para Cr. Los compuestos de grafeno facilitan la eliminación de los contaminantes adsorbidos en agua contaminada en comparación con los otros compuestos reportados (Verduzco, Et Al, 2019).

Los nano-cristales de TiO_2 se sintetizaron en una mezcla de TiCl_4 (1 mL), NH_4OH (1 mL), P123 (0,6 g) y DEG (20 mL) se calentaron a 220°C en aire con vigor agitación (600 rpm) durante 3 h. Después de enfriar a temperatura ambiente, se obtuvo un precipitado de color marrón claro similar al lodo, tras la adición de acetona y centrifugación. Finalmente, la muestra se lavó con acetona y etanol para eliminar cualquier especie orgánica residual y redispersado en 2 mL de H_2O . Este procedimiento se repitió múltiples veces para producir una solución madre de 18 mL. Los metales reducidos en el electrodo catódico de la célula foto electroquímica causaron una disminución en la concentración de iones metálicos en el agua. Durante el proceso de reacción, se recogieron 2 mL de muestras de agua cada 10 minutos para evaluar las concentraciones residuales de iones metálicos. Las tasas de eliminación variaron dependiendo de la naturaleza del metal y su potencial de reducción. La concentración de Ag^+ y Pb_2^+ disminuyó a la velocidad más rápida, mientras que el cambio para Cd_2^+Ni_2 fue insignificante (Wang, 2017).

Las teorías relacionadas al tema fueron.

El agua es uno de los recursos importantes en el mundo ya que ocupa un porcentaje de 71 %, los contaminantes en el agua son sustancias tóxicas producidas por derrame de fluidos provenientes de industrias, efluentes domésticos; que se pueden encontrar en río, lagos, mar, cuenca, etc (MINAM, 2016).

Las industrias mineras en el Perú, son un riesgo para el medio ambiente y para la población que está rodeado de esa actividad ya que, puede causarle daños a la salud. En la minería de pequeña escala se puede encontrar el mercurio que es un daño para los peces y esto es seguidamente consumido por la población cerca y causa

daños al sistema nervioso, los riñones y otros órganos del ser humano (MINAM, 2016).

En la mayoría de los ríos de Madre de Dios, el mercurio supera el límite máximo permisible. En algunos casos las concentraciones de mercurio son altísimas, como en el caso de la Quebrada Lazo, que supera en 17255% los máximos permisibles para la Categoría 1 (agua de uso poblacional y recreacional), y hasta en 347000 % los máximos permisibles para la Categoría 4 (conservación del ambiente acuático). También la contaminación de mercurio en sedimentos es muy alta, triplicando en algunas cuencas los máximos permisibles (MINAM, 2016).

En América Latina se han incorporado las nanotecnologías como área prioritaria de desarrollo en sus políticas públicas. La principal característica de estas políticas es el apoyo a la investigación y desarrollo de las nanotecnologías buscando integrar los centros y las universidades públicas con la empresa privada, para potenciar la innovación y la competitividad (Foladari, 2016).

Existen diversas investigaciones, que presentan algunos tratamientos para los efluentes mineros como sedimentación, floculación-coagulación, espesamiento, filtración, neutralización aireación, precipitación química. Todos con el fin de disminuir la concentración de contaminantes y recuperar eficientemente el agua de los relaves mineros evitando así el impacto al medio ambiente y la salud humana (Beltrán, Larrahondo y Cobos, 2018).

También encontramos en la nanotecnología. La nanotecnología es una técnica en que nos permite utilizar la materia en un rango atómico y molecular, ya que lo primordial es que tenga una graduación entre 1 y 100 nanómetros en donde se encuentran las propiedades físicas, químicas y biológicas se diferencian en que tenga una escala alta.

Las microburbujas son burbujas pequeñas que están 1 - 100 μm , estos pueden crecer uniformemente en el agua. Existen diferentes tipos de microburbujas en las que más se destaca son las de aguas y aire. En el agua se puede detener en tiempo corto, el gas que se encuentra dentro de las burbujas poco a poco desaparece ya que se deshace en el agua y se volatiliza (Beltran y Jacinto, 2012).

Los metales pesados encontrados de manera natural en el ambiente en concentraciones, que, por lo general, no perjudican las diferentes formas de vida. Los metales pesados no pueden ser degradados o destruidos, pueden ser disueltos por agentes físicos y químicos y ser lixiviados (Londoño, Londoño y Muñoz, 2016).

El peso atómico del plomo es 207 g/mol, el número atómico 82, su color es azulado, tiene suficientes sales. El plomo se encuentra en metales de uranio y de torio, ya que proviene de la división radiactiva. Los minerales comerciales suelen contener poco plomo (3%), lo más común es que sea del (10%). Los minerales antes de fundirse pueden acumular hasta 40% o más de plomo (Londoño, Londoño y Muñoz, 2016).

El cobalto regularmente está en la superficie de las rocas combinado con azufre o metales como Mn, Fe, Co, Ni, Ag o Sn. El principal mineral del arsénico es el FeAsS (arsenopirita) y se usa en tratamiento de maderas, productos agrícolas (pesticidas, herbicidas). El peso atómico del arsénico es 74 g/mol, el número atómico de 33 y contiene 17 núcleos radiactivos (Londoño, Londoño y Muñoz, 2016).

El número atómico del Cobre es 29, es un metal no ferroso, su utilidad se debe a la combinación de sus propiedades químicas, eléctricas, físicas y mecánicas, además de su abundancia. La mayor parte del cobre del mundo se obtiene de los sulfuros minerales como la calcocita, covelita, calcopirita, bornita y enargita. Tiene dos isótopos naturales estables ^{63}Cu y ^{65}Cu y nueve isótopos inestables o radiactivos (Londoño, Londoño y Muñoz, 2016).

El oro es uno de los elementos que integran la Tabla Periódica. Su número atómico es 79 e integra el Grupo 11 de la tabla. Es considerado un metal de transición, dúctil, maleable, blando y pesado. Todas características que acrecientan su valor (D'Alessandro, 2016).

Las aplicaciones de las nanoburbujas tienen propiedades en donde se destaca en dos: primera es que a través de su diminuto tamaño las nanoburbujas pueden mantenerse más tiempo en el agua. En el segundo punto se demuestra que cuando se disminuye la presión interna incrementa, por eso las nanoburbujas tienen una carga eléctrica elevada en la cual se depende del ambiente donde se concentren en dos aplicaciones en la ganadería, la agricultura y áreas ambientales (Arroyo, 2017).

La aplicación de la nanoburbujas en la ganadería (Arroyo), se dio que en Japón también se está usando en los bebederos de cría de ganado porcino y bovino para entregar una mejor calidad del agua y así producir carne de mejor calidad y en los tambos como una herramienta para controlar la mastitis.

La aplicación de la nanoburbujas en la agricultura (Arroyo), se trata de una herramienta que asegura un menor uso del recurso hídrico y el mayor crecimiento de las plantas, ya que actúan a nivel de la raíz. Sería muy importante invertir en Argentina, sabiendo que es un tema clave a futuro la búsqueda sustentable de la calidad en las raíces en cultivos de soja, trigo, maíz, prescindiendo de químicos.

El comportamiento del sistema de nano burbujas para las micro-nano burbujas tienen carga negativa esto se debe al aumento en la concentración de iones alrededor de la interface gas-agua de la micro-nanoburbuja. A medida que los micros nanos burbujas flotan, capturan los sólidos (contaminantes) suspendidos en el líquido arrastrándolos a la superficie.

La flotabilidad de una nanoburbuja depende del volumen de aire contenido en ella, ésto hace que permanezca en el agua por un tiempo mayor (Macassi, 2017).

La flotación de minerales es un proceso de separación de cualquier materia de distinto origen que se arrastra desde sus pulpas acuosas a través de los micros nanoburbujas.

La separación puede tomar diversas formas es decir una flotación colectiva se produce por la separación de elementos en dos grupos de los cuales el concentrado contiene dos o más elementos en cambio la flotación selectiva se realiza la separación para un elemento individualizado (Flores, 2014).

La electrodeposición indica que se mueve los metales consiguiendo una solución en el desarrollo de elusión en las etapas de corrientes mediante una celda de electrodeposición. En un envase son pone el ánodo, el cátodo y un electrolito con una resistencia en la corrosión. La corriente pasa la celda el metal se coloca en el cátodo (David, 2017).

El dominante para que las celdas de los cátodos son requeridas: a) alta área de superficial; b) una gran área para la disposición de metales y el flujo de electrolito; c) conductividad alta; d) buena fuerza de resistencia mecánica.

El ánodo debe tener una base de conductividad, ya que debe tener una resistencia de corrosión para el mínimo condición con la conexión de electrolito. El electrolito en una temperatura aceptada se adecua a la celda de electrodeposición concentración de metales.

Se define corrosión en una desolación lenta y graduado de un metal ocasionado por un agente exterior. Una de las razones que se limita el metal es por la utilidad es por los factores físicos-químicos. Previamente se debe analizar los distintos métodos para afrontar en los efectos de la corrosión. Cuando se unen los metales diferentes

formas un par galvánico. Un par galvánico se da por una potencia mayor negativa da anódico en relación al de menor potencia, procede del cátodo (Cortez, 2014).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de estudio sobre la investigación está clasificado por los siguientes aspectos

Investigación Aplicada: Está unido a la investigación básica obteniendo los descubrimientos y aportes teóricos, en seguir con la solución de la problemática de la investigación. La investigación se fundamenta mediante teorías de investigación en los estudios científicos donde se junta información y mejorar el conocimiento teórico científico. Es fundamental en las demandas de empresas mineras, ya que va reducir la contaminación de la flora y fauna que rodea a la población.

Diseño de la investigación

El diseño de nuestra investigación es pre-experimental puesto que se evaluó a variable dependiente es decir analizar el relave minero, para luego llevar a cabo la técnica de aplicación de nanoburbujas y por último se volverá a evaluar la variable dependiente del relave minero.

Dónde:

$$G: O_0 - X - O_F$$

G: Grupo de sujetos

O₀: Análisis de la muestra inicial del relave minero.

X: Aplicación del tratamiento mediante micro-nano burbujas de aire y oxígeno

O_F: Análisis de la muestra final del relave minero.

3.2. Variables y operacionalización

- Variables independientes: nano burbujas de aire.
- Variable dependiente: remoción de metales pesados (Hierro, Cobre, Manganeso, Zinc, Cromo, Plomo y otros en el relave minero).

Definición conceptual:

- Independiente: Las micro-nanoburbujas son burbujas pequeñas de gas que se encuentra entre los 0.5 μm y los 10 μm en diámetro. Según "la flotabilidad de una nanoburbuja depende del volumen de aire contenido en ella esto hace que permanezca en el agua por un tiempo mayor"(Maccasi, 2017).
- Dependiente: Los metales o metales pesados son elementos encontrados en la naturaleza; que tienen un peso molecular alto, que son transformados y utilizados. Siendo en su mayoría muy útiles sin embargo desde el aspecto ambiental "son muy graves ya que pueden cambiar la alcalinidad del suelo si su concentración es alta, además de contaminar el suelo agua y los cultivos si su concentración es alta puede llegar a causar desertificación en la zona (Gastañaga 2014).

Definición operacional:

- Independiente:
 - Las micro-nanobubujas se generarán por medio de un motor y un tanque de oxígeno que irán conectados a la estructura del artefacto.
 - Las micro-nanoburbujas de aire, debido a las propiedades que contiene, removerán la concentración de metales.
 - Disminuirá la concentración de metales en el relave.
- Dependiente:
 - Se deberá tener a los metales pesados en un tamaño óptimo para su remoción.
 - Los metales pesados ingresarán en el instrumento de remoción con una repetición de 3 veces de promedio y debido a su densidad se separarán.

Indicadores:

- Independiente: tiene dos dimensiones.

- Propiedades físicas de las Micro-Nanoburbujas: Dimensión de la MNB, presión interna MNB (Pa) (Atm) (torr) y velocidad de ascenso de la MNB.
- Características y condiciones de generación y actuación: Caudal (L/min), presión del gas (PSI) y tiempo de tratamiento.
- Dependiente: tiene dos dimensiones.
 - Características Físicoquímicas: Temperatura (°C), Turbidez NTU, pH, Conductividad (mS/m), Sólidos Totales (mg/L) y Sólidos Totales en suspensión (mg/L).
 - Concentración de Metales: Oro, Hierro, Cobre, Manganeso, Zinc Cromo y Plomo.

Escala de medición:

La escala de resultado de independiente y dependiente son: de razón, de intervalo y nominal.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población: La población de nuestro estudio de investigación son los efluentes mineros, proveniente del relave de la planta de agua residual que ha sido llevado a un tanque homogenizado con el relave final obtenido.

3.3.2. Criterios de inclusión: la muestra proviene de relave minero al final de una etapa de extracción que incluye agua mezclada con el relave que está presente en los ríos, muestras finales de relave minero que contengan cualquier tipo de metal pesado (oro, plata, cobre, zinc, plomo). Muestras provenientes de relave finales que contengan metales pesados. Muestras sólidas provenientes de descargas finales de relaves mineros dedicada a la extracción de metales

3.3.3. Criterios de exclusión: la muestra no proviene del proceso de un relave minero, el contenedor para almacenar la muestra contiene otros compuestos, el contenedor para la muestra no está esterilizado.

Muestra: El tamaño de la muestra para la investigación es 30 L de agua de relave.

Muestreo: El muestreo se realizó en horario normal en el cual se descarguen aguas de relave minero al río. Fue extraído y puesto en un contenido de plástico PET (Polietileno Tereftalato), se usó

medidas de protección como: guantes de Nitrilo, mascarilla y lentes de plástico para tener la obtención de la muestra.

Unidad de análisis: 1 L de agua de relave minero.

3.4. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos del lugar de estudio fueron:

- Ficha de recolección de datos.
- Características y condiciones de generación de MNB.
- Características físicas – químicos.
- Propiedades físicas de las micro-nanoburbujas (MNB).

validez y confiabilidad

Validez: La validez de los instrumentos para la recolección de datos, se dio a través del juicio de tres expertos, con colegiatura vigente

- Dr. Jorge Leonardo Jave Nakayo.
- Mg. Juan Alberto Peralta Medina.
- Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera.

Confiabilidad: Por expertos que ya evaluaron la confiabilidad fue medida a través del Alfa de Cronbach, el cual va a determinar si el instrumento puede dar resultados consistentes y coherentes.

Tabla 1. Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basado en elementos estandarizados	N de elementos
,981	,993	10

Fuente: Elaboración propia

La fiabilidad se realizó con la materialidad de validación, determinando los 10 criterios (N° de elementos). La confiabilidad se hizo con prueba estadística “Alfa de Cronbach”, dando como

solución 0.981, aprobando los instrumentos y aceptando estadísticamente la confiabilidad de éste.

Etapa 1: localización

Se determinó el lugar de estudio por medio de la observación y se utilizó como herramienta el GPS y una libreta de apunte. Se determinaron como indicador las coordenadas UTM. Siendo la empresa minera ubicada en Pasco. Dedicada a la extracción de (oro, plata, cobre, zinc y plomo). Se utilizó la hoja de custodio para la obtención de muestra del relave minero de la unidad minera de Pasco. Se realizó una recolección de muestra de 30 litros del relave minero. El recipiente utilizado fue plástico PET (Polietileno Tereftalato). Para la conservación de la muestra se requirió tener el recipiente en temperaturas de 6° a 4° C de temperatura, la muestra se puede tener por un tiempo máximo de 14 días.

Etapa 2: Obtención de la muestra del relave minero

Se utilizó la hoja de custodio para la obtención de muestra del relave minero de la unidad minera de Pasco. Se realizó una recolección de muestra de 30 litros del relave minero. El recipiente utilizado fue plástico PET (Polietileno Tereftalato). Para la conservación de la muestra se requirió tener el recipiente en temperaturas de 6° a 4°C de temperatura, la muestra se puede tener por un tiempo máximo de 14 días.

Etapa 3: Análisis de la muestra del relave minero

Se analizó la muestra de 250mL de relave minero antes del tratamiento. Se determinaron sus parámetros fisicoquímicos como el PH, turbidez temperatura (°C), NTU, Conductividad (mS/m), solidos totales (mL/L), solidos totales en suspensión. Para el análisis La muestra fue transportada en un recipiente de plástico PET (Polietileno Tereftalato). Para determinar las concentraciones iniciales de la muestra del relave minero se utilizó el método de absorción atómica. Los instrumentos utilizados para la absorción atómica fueron una fuente de radiación, la muestra de relave minero, un selector de longitud de onda, un procesador y una cámara de nebulización para crear una niebla de la muestra. Una vez hallada la concentración de metales totales y los parámetros fisicoquímicos, se utilizó una ficha de registro para los datos y análisis de laboratorio. Como resultado se obtuvo los parámetros fisicoquímicos del relave y las concentraciones iniciales de los metales pesados.

Etapa 4: Aplicación del tratamiento

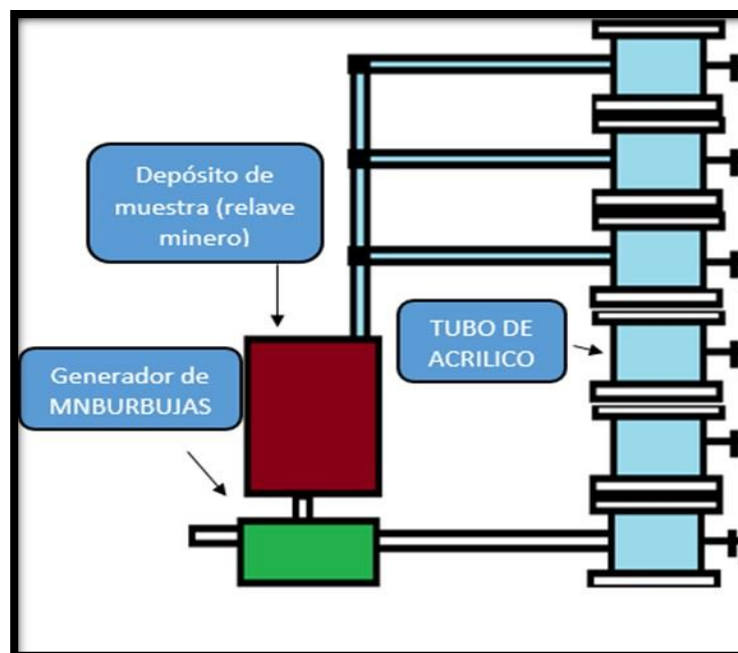


Figura 1. Construcción del equipo

Fuente: Propia

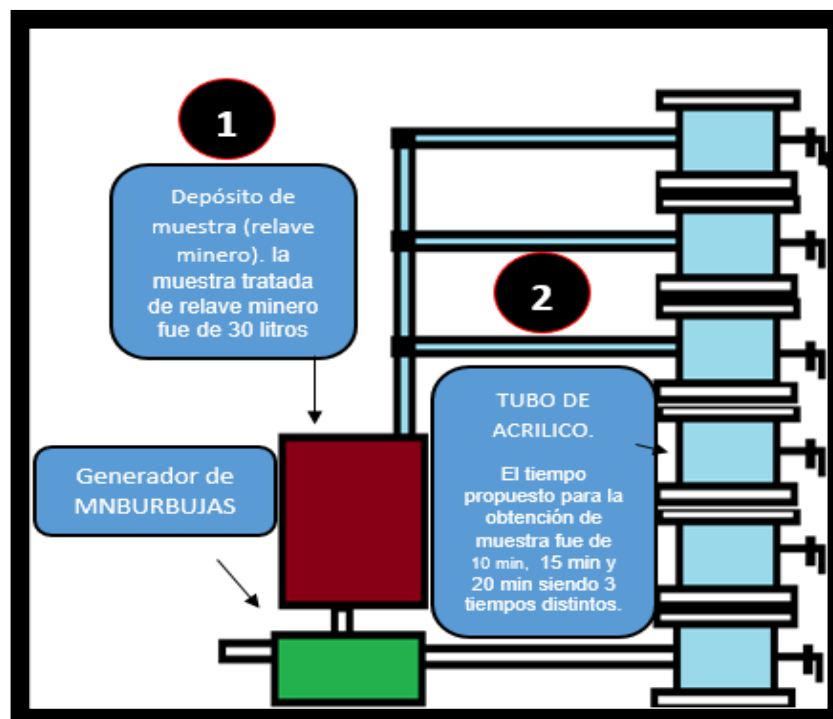


Figura 2. Aplicación del tratamiento

Fuente: Propia

a) Se utilizó el equipo generador de nanobubujas patentado por el Dr. Jhonny Valverde Flores. Se utilizaron 9 litros de muestra tratada de relave minero, los cuales fueron tratados con intervalos de tiempo de 20 minutos.

b) Después del tratamiento se recolectaron muestras a los 10 min, a los 15 min y a los 20 minutos. Luego se hicieron dos repeticiones a los mismos tiempos de 10 minutos, 15 minutos y 20 minutos. Los datos obtenidos se anotaron en un libro de apuntes.

c) se rotularon en diferentes estaciones siendo: M1B1T10 (Muestra uno de la base uno en el tiempo de 10 minutos), M2B1T15 (Muestra dos de la base uno en el tiempo de 15 minutos), M3B1T20 (Muestra tres de la base uno en el tiempo de 20 minutos), M1A6T10 (Muestra uno de la altura seis en el tiempo de 10 minutos), M2A6T15 (Muestra dos de la altura seis en el tiempo de 15 minutos) y M3A6T20 (Muestra tres de la altura seis en el tiempo de 20 minutos).

Etaapa 5: Interpretación y análisis de los datos

Finalmente se analizaron los datos obtenidos después de la aplicación del tratamiento del efluente minero. Se comparó la primera prueba con la segunda y la tercera, donde se obtuvo una muestra pasado los 10 minutos en cada prueba, luego se comparó la muestra obtenida a los 15 minutos de la prueba 1, 2 y 3 y finalmente se compararon las muestras obtenidas en un tiempo de 20 minutos de la prueba 1, 2 y 3. Demostrando la eficiencia del equipo generado.

3.5. Métodos de análisis de datos

En el método de análisis de datos se utilizó los Estándares de Calidad Ambiental establecidos para la minería, para comparar las propiedades físicas y químicas; la interpretación de resultados se maneja el programa Excel, respectivamente, por lo cual se muestra las concentraciones antes y después del tratamiento. Se utilizará el laboratorio donde se dispone los datos obtenidos de la investigación unido a la norma aplicativa, luego se verificará los porcentajes de disminución de las propiedades físicas y químicas del relave minero.

- Programa de Microsoft Excel: se coloca la información recogida, de los cuales se podrá sacar los totales y los valores promedio de los mismos; también las diferentes graficas que se llenen a necesitar.

3.6. Aspectos éticos

Los aspectos éticos de la presente investigación se han elaborado en base a información obtenida en el mismo campo y como también la información recolectada están en base a fuentes bibliográficas relacionadas con el tema, que están citadas en la parte bibliográfica.

La veracidad para el análisis de las muestras y los resultados, fueron realizados en laboratorios acreditados y certificados.

Sobre todo, el respeto por el medio ambiente ya que este es el soporte vital para la supervivencia de todos los seres vivos.

Esta investigación se efectuó respetando el código de ética, reglamento de investigación resolución de consejo universitario N° 0313-2017/UCV y la Resolución Rectoral N° 0089-2019/2019, con consideración el % de Turnitin, los resultados son datos originales y la confiabilidad de la investigación.

IV. RESULTADOS

El primer objetivo específico fue determinar las concentraciones de las características fisicoquímicas del relave minero de Pasco antes y después de tratamiento con nanoburbujas de aire y oxígeno. Se determinaron las características fisicoquímicas de la muestra de 1 Litro de relave minero. Siendo sus parámetros fisicoquímicos el pH, turbidez NTU, temperatura (°C), Conductividad (mS/m), sólidos totales (mg/L), sólidos totales en suspensión (mg/L). Para el análisis la muestra fue transportada en un recipiente de plástico PET (Polietileno Tereftalato). Para determinar las concentraciones iniciales de la muestra del relave minero se utilizó el método de absorción atómica. Los instrumentos utilizados para la absorción atómica fueron una fuente de radiación, la muestra de relave minero, un selector de longitud de onda, un procesador y una cámara de nebulización para crear una niebla de la muestra. Una vez hallada la concentración de metales totales y los parámetros fisicoquímicos, se utilizó una ficha de registro para los datos y análisis de laboratorio. Como resultado se obtuvieron las concentraciones iniciales y finales de los parámetros fisicoquímicos del relave.



Figura 4. Homogenización de la muestra del relave minero

Fuente: Propia.

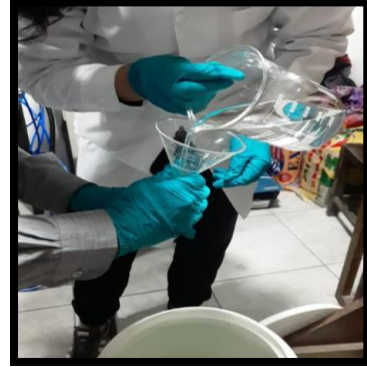


Figura 3. Recolección de la muestra del relave minero.

Fuente: Propia.



Figura 5. Recolección de la muestra y llenado en los recipientes de análisis.

Fuente: Propia.



Figura 6. Llenado del relave en el depósito de muestra del generados de Nb.
Fuente: Propia.



Figura 8. Se adaptó la compresora de aire en el generador de NB.

Fuente: Propia.

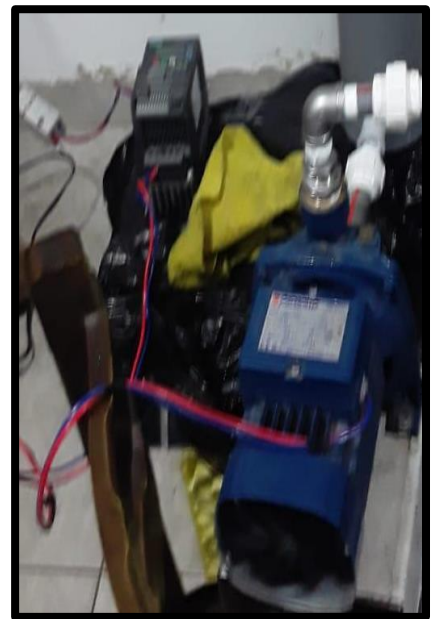


Figura 7. Se acoplo la bomba de agua en el generador de NB.

Fuente: Propia.



*Figura 9. Tratamiento del relave minero en el equipo de
Generador de micronanoburbujas de aire*

Fuente: Propia.

El equipo de generador de micronanoburbujas de aire esta por una compresora de aire que da una presión de aire de 90 PSI al generador de micronanoburbujas y la bomba de agua empuja el agua residual con una presión de 25 Hz dándonos las micronanoburbujas de en el tubo de acrílico de 9 piso.

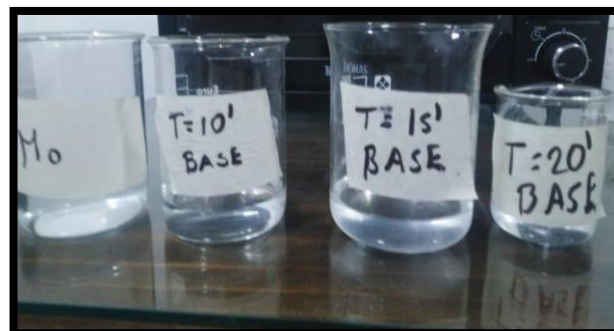


Figura 10. Etiquetado, rotulado y análisis de la toma de muestra de la base

Fuente: Propia.



Figura 11. Etiquetado, rotulado y análisis de la toma de muestra de la altura

Fuente: Propia.

Los análisis de la muestra del relave minero fueron analizados antes de la aplicación del tratamiento, para obtener los resultados iniciales.

Tabla 2. Resultados de los análisis de las muestras antes y después

Muestras	Conductividad eléctrica (NTU)	pH	Temperatura (°C)
M0	733	7.15	20.1
M1B1 T10'	1556	7	20.1
M1A6 T10'	1378	7	20.1
M2B1 T15'	1461	7	20.1
M2A6 T15'	1329	7	20.1
M3B1 T20'	1340	6.94	20.1
M3A6 T20'	1505	6.92	20.1

Fuente: Propia

En la figura de la conductividad se puede mostrar que el resultado más bajo de la conductividad es en la M0 con un valor de 733 mS/m.

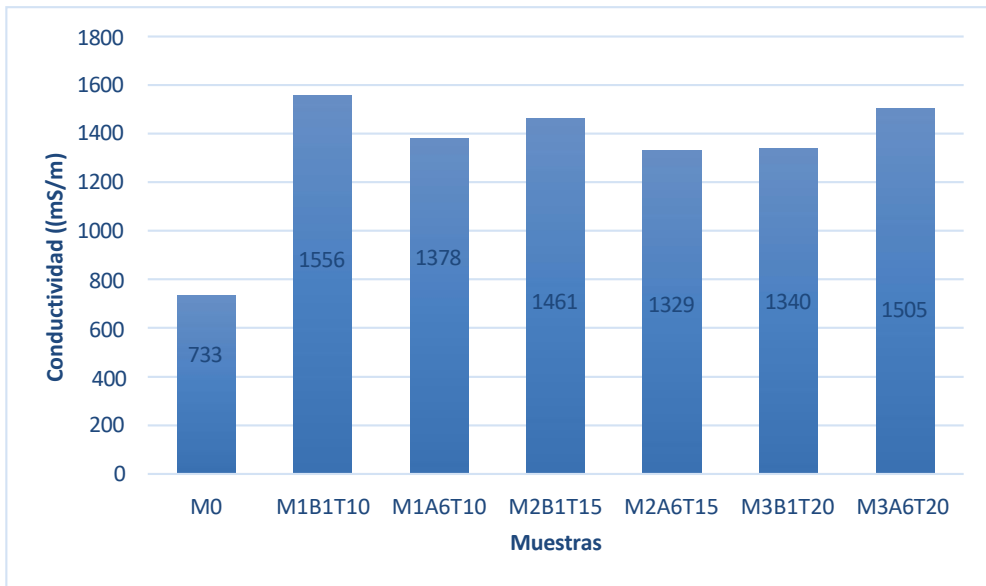


Figura 12. Resultados antes y después de la conductividad

Fuente: Propia

En la figura del pH se puede mostrar que el resultado más bajo del pH es en la M3A6T20 con un valor de 6.92.

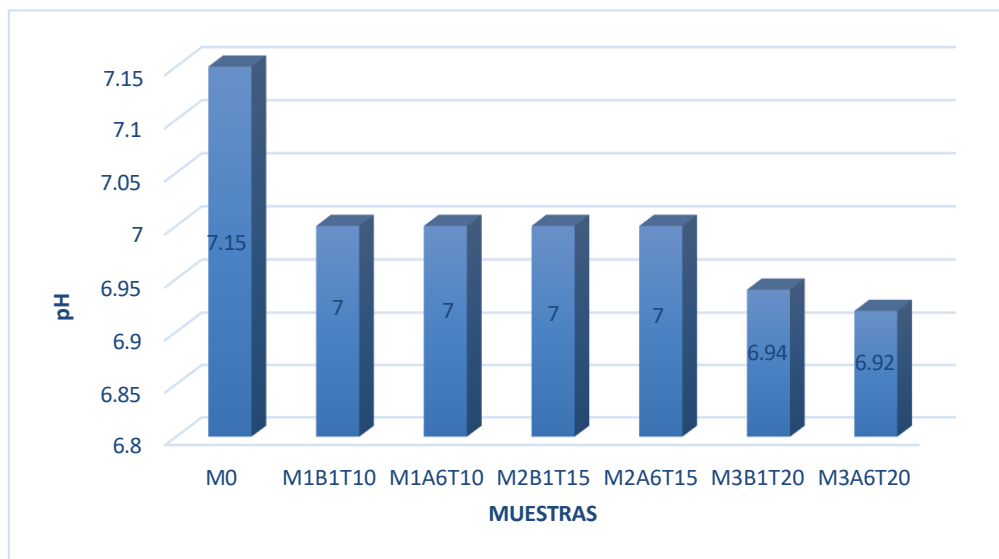


Figura 13. Resultados antes y después del pH

Fuente: Propia

La fórmula de porcentaje de reducción:

$$X = \frac{Mx100}{M0}$$

$$\%Reduccion = 100 - X$$

M0: Representa la concentración inicial de los metales (arsénico, plomo y cobre) sin tratamiento y/o la cantidad inicial del metal por lo cual se representa con un 100%.

M: Este dato representa las estaciones de los metales (arsénico, plomo y cobre) y varía según el tiempo del tratamiento.

X: representa el % de reducción de los metales.

Se observa en la tabla 4, los resultados de concentración los metales pesados (arsénico, cobre, plomo, litio, manganeso y uranio) en los tiempos de M0, M1 B1T-10, M2 B1T-15 y la M3 B1T-20.

Tabla 3. Resultados de los metales pesados en la parte inferior

Concentración de metales (mg/L)					% de reducción		
Metales	M0	M1 BT - 10	M2 BT - 15	M3 BT - 20	M1B1T10	M1B1T15	M1B1T20
Arsénico	0,03858	0,02391	0,02203	0,02097	38%	43%	46%
Cobre	2,58445	1,69263	1,57307	1,53738	35%	39%	41%
Plomo	0.0748	0,0340	0,0299	0,0292	55%	60%	61%
Litio	0,0053	0,0464	0,042	0,0434	16%	24%	22%
Manganeso	0,20935	0,18093	0,1794	0,16833	14%	14%	20%
Uranio	0,001676	0,001441	0,00134	0,00134	14%	20%	20%

Fuente: Propia

la figura del porcentaje de reducción se ve los resultados de cada metal en la disminución de acuerdo al tiempo de 10 minutos en M1 B1T-10 dando el resultado de porcentaje en arsénico un porcentaje de 38 %, cobre 35 % plomo 55%, litio 16% Manganeso 14% y Uranio 14%.

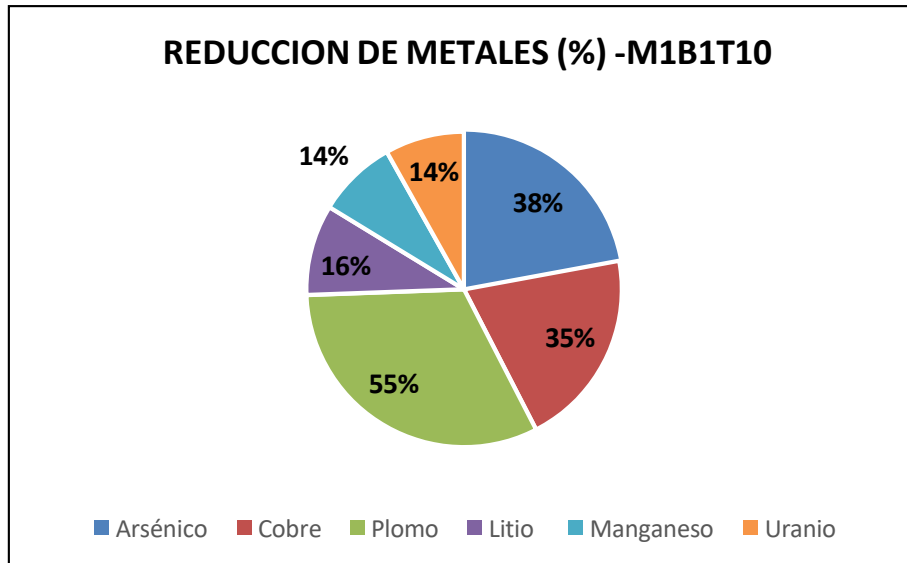


Figura 14. Resultado del porcentaje de reducción de metales

Fuente: Propia.

En la figura de reducción de porcentaje los resultados observados de los metales en el tiempo de 15 minutos, los resultados son: arsénico 43 %, cobre 39 %, plomo 60 %, litio 24% Manganeseo 14% y Uranio 20%.

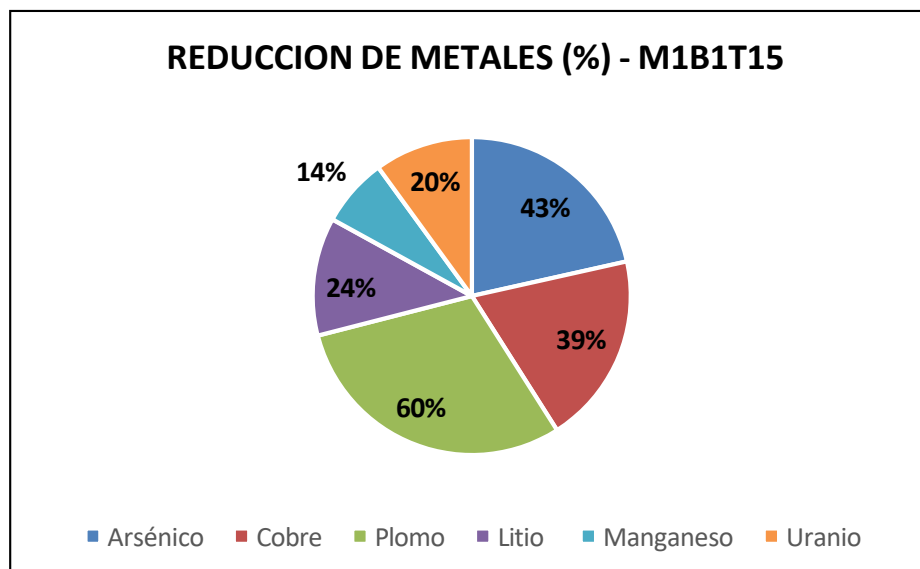


Figura 15. Resultado del porcentaje de reducción de metales M1B1T-15

Fuente: Propia

En la figura de reducción de porcentaje los resultados observados de los metales en el tiempo de 20 minutos, los resultados son: arsénico 46 %, cobre 41 % y plomo 61 %, litio 22% Manganeso 20% y Uranio 20%.

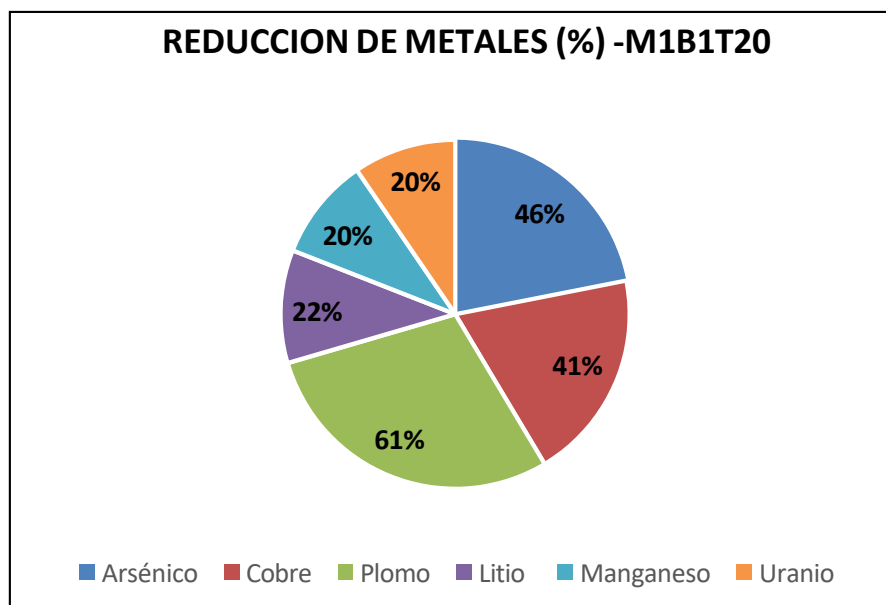


Figura 16. Resultado del porcentaje de reducción de metales M1B1T-20

Fuente: Propia

En la tabla 5 se puede observar la concentración de los metales (arsénico, plomo y cobre) en cada tiempo de M0, M1 A6T-10, M2 A6T-15 y M3 A6T-20.

Tabla 4. Resultados de los metales pesados en la parte superior

Metales	Concentración de metales (mg/L)				% de reducción		
	M0	M1 A6T - 10	M2 A6T - 15	M3 A6T - 20	M1 A6T - 10	M2 A6T - 15	M3 A6T - 20
Arsénico	0,03858	0,02381	0,02452	0,02064	38%	36%	47%
Cobre	2,58445	1,75422	1,80315	1,61250	32%	30%	38%
Plomo	0.0748	0,0305	0,0312	0,0278	59%	58%	63%
Litio	0,0053	0,043	0,0462	0,0438	22%	16%	21%
Manganeso	0,20935	0,17719	0,17954	0,16773	15%	14%	20%
Uranio	0,001676	0,001289	0,001413	0,0013	23%	16%	22%
Titanio	0,0012	0,0008	0,001	0,0008	33%	17%	33%

Fuente: Propia

En la figura se puede observar los resultados de porcentaje de reducción en los metales en un tiempo de 10 minutos los metales son: arsénico 38 %, cobre 32 % y plomo 59 %, litio 22%, manganeso 15%, uranio 23% y titanio 33%.

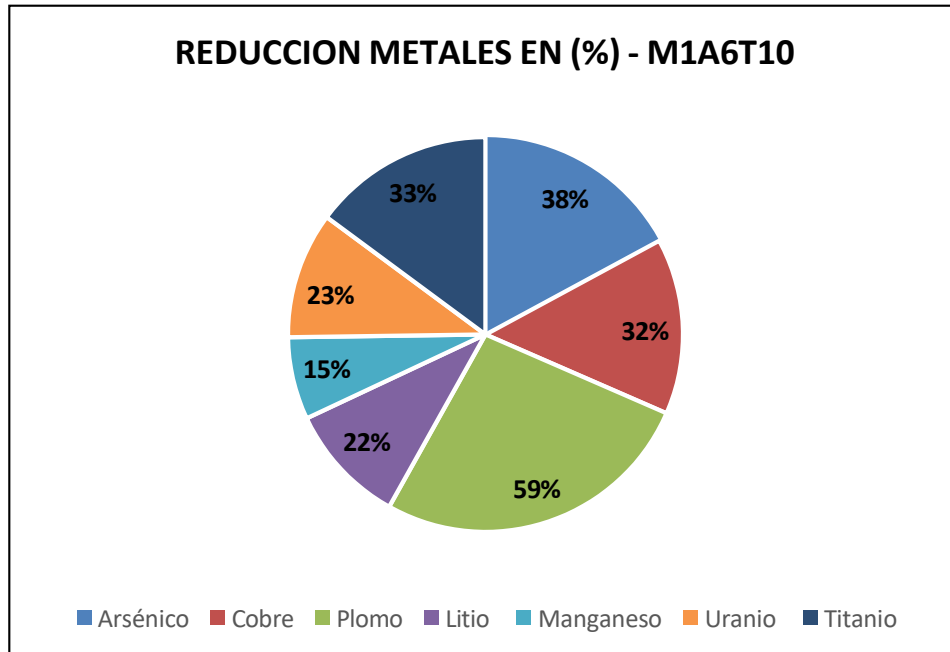


Figura 17. Resultado del porcentaje de reducción de metales M1A6T-10

Fuente: Propia

En la figura se observa el resultado de porcentaje de reducción en los metales en un tiempo de 15 minutos: arsénico 36 %, cobre 30 % y plomo 58 %. Litio 16%, manganeso 14%, uranio 16% y titanio 17%.

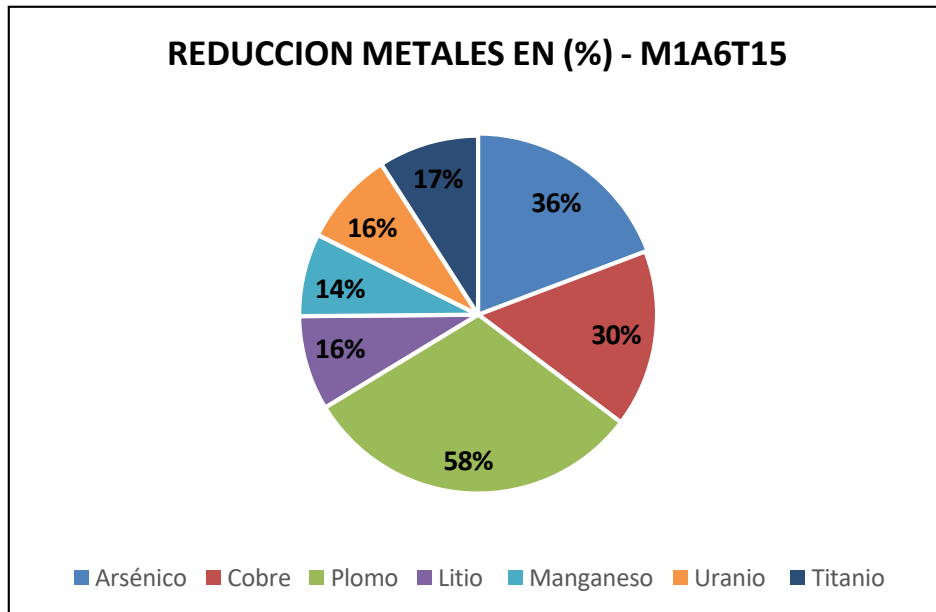


Figura 18. Resultado del porcentaje de reducción de metales M1A6T-15

Fuente: Propia

En la figura se observa el resultado de porcentaje de reducción en los metales en un tiempo de 20 minutos: arsénico 47 %, cobre 38 % y plomo 63 %, Litio 21%, manganeso 20%, uranio 22% y titanio 33%.

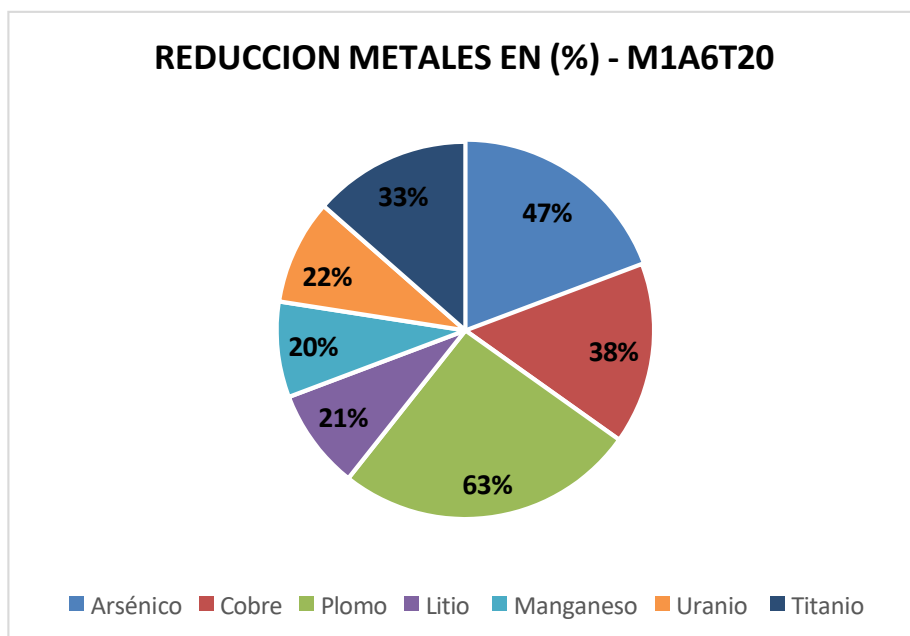


Figura 19. Resultado del porcentaje de reducción de metales M1A6T-20

Fuente: Propia.

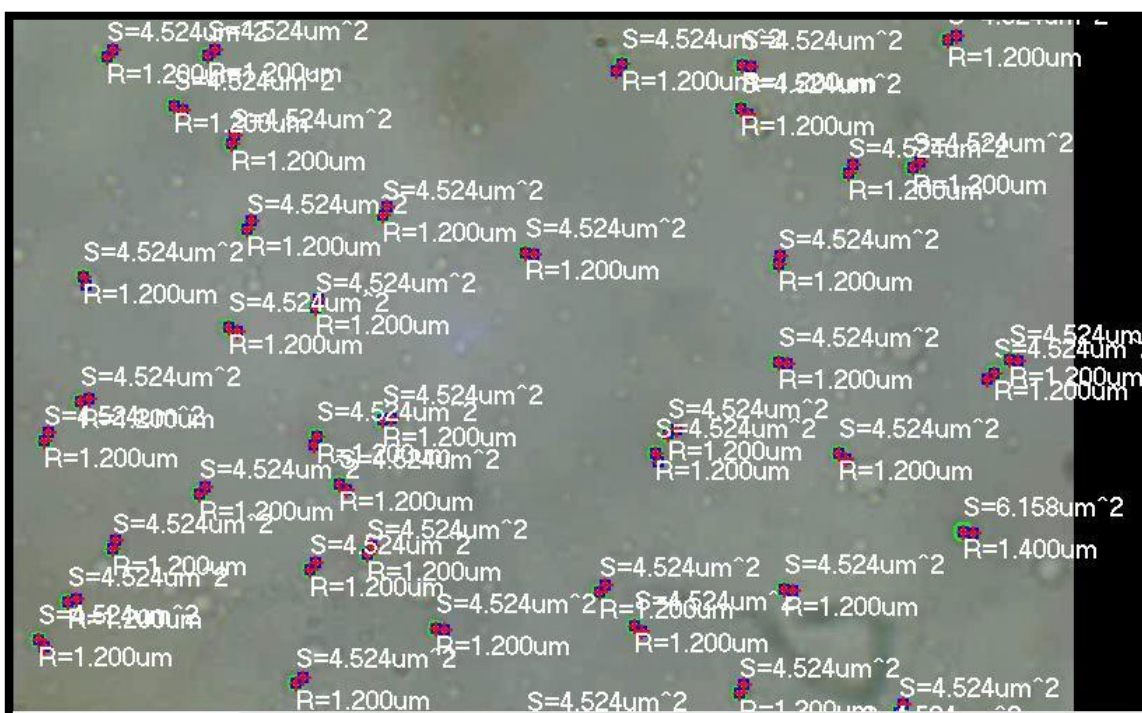


Figura 20. Cantidad y medida de las MNB

Fuente: Propia.

Tabla 5. Unidad de medidas de las micromicroburbujas

TOTAL DE BURBUJAS ENCONTRADAS				157 (um)			
TAMAÑO				Radio (um)			
N	GRANDES			N	PEQUEÑAS		
1	1.100	45	1.200	1	0.1	44	0.3
2	1.100	46	1.200	2	0.1	45	0.3
3	1.100	47	1.200	3	0.1	46	0.3
4	1.100	48	1.200	4	0.1	47	0.3
5	1.100	49	1.200	5	0.1	48	0.3
6	1.100	50	1.200	6	0.1	49	0.3
7	1.100	51	1.200	7	0.1	50	0.3
8	1.100	52	1.200	8	0.1	51	0.3
9	1.100	53	1.200	9	0.1	52	0.3
10	1.100	54	1.200	10	0.1	53	0.3
11	1.100	55	1.200	11	0.1	54	0.6
12	1.100	56	1.200	12	0.1	55	0.6
13	1.100	57	1.200	13	0.1	56	0.6

14	1.100	58	1.200	14	0.1	57	0.6
15	1.100	59	1.200	15	0.1	58	0.6
16	1.100	60	1.200	16	0.1	59	0.6
17	1.100	61	1.200	17	0.1	60	0.6
18	1.100	62	1.200	18	0.1	61	0.6
19	1.100	63	1.200	19	0.1	62	0.6
20	1.100	64	1.200	20	0.1	63	0.6
21	1.100	65	1.200	21	0.3	64	0.6
22	1.100	66	1.200	22	0.3	65	0.6
23	1.100	67	1.200	23	0.3	66	0.6
24	1.100	68	1.200	24	0.3	67	0.6
25	1.100	69	1.200	25	0.3	68	0.6
26	1.100	70	1.400	26	0.3	69	0.6
27	1.100	71	1.400	27	0.3	70	0.6
28	1.100	72	1.400	28	0.3		
29	1.100	73	1.400	29	0.3		
30	1.100	74	1.400	30	0.3		
31	1.100	75	1.400	31	0.3		
32	1.100	76	1.400	32	0.3		
33	1.100	77	1.400	33	0.3		
34	1.100	78	1.400	34	0.3		
35	1.100	79	1.400	35	0.3		
36	1.100	80	1.400	36	0.3		
37	1.200	81	1.400	37	0.3		
38	1.200	82	1.400	38	0.3		
39	1.200	83	1.400	39	0.3		
40	1.200	84	1.400	40	0.3		
41	1.200	85	1.400	41	0.3		
42	1.200	86	1.400	42	0.3		
43	1.200	87	1.400	43	0.3		
44	1.200						
PROMEDIO GRANDES		1.200 um		PROMEDIO PEQUEÑAS		0.315 um	

Fuente: Propia.

Velocidad de ascenso de las micro-nano burbujas de aire.

$$V = \frac{\rho d g^2}{18 \eta} \quad (1)$$

Donde

v: Velocidad de ascenso

g: aceleración de gravedad 9.8 m/s²

n: viscosidad del líquido de 1.005x10⁻³ m²/s

p: densidad del líquido de 998.2 Kg/m³

d: diámetro de burbuja

Velocidad de ascenso para las burbujas grandes

$$V = \frac{998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) (2.4 \times 10^{-6})^2}{18(1.005 \times 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}$$

$$V1 = 3.11 \times 10^{-6} \text{ m/s} \quad (2)$$

Velocidad de ascenso para las burbujas pequeñas

$$V = \frac{998.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \left(9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) (0.630 \times 10^{-6})^2}{18(1.005 \times 10^{-3} \frac{\text{m}}{\text{s}^2})}$$

$$V1 = 2.14 \times 10^{-7} \text{ m/s} \quad (3)$$

Presión interna de las micro-nano burbujas de aire.

$$\Delta P = 4\sigma/d \quad (4)$$

Donde:

ΔP : presión de burbuja

σ : tensión superficial de 0.0728 N/m

d: diámetro de la micronanoburbujas

La presión interna para las micronanoburbujas grandes.

$$\Delta P = \frac{4 \left(0.0728 \frac{\text{N}}{\text{m}}\right)}{2.4 \times 10^{-6} \text{m}}$$

$$\Delta P = 121333.33 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1.19 \text{ atm}$$

$$P = 0,96 \text{ atm} + 1.19 = 2.15 \text{ atm} \quad (4)$$

Por lo tanto, se concluye que la presión interna de las micronanoburbujas es de 2.15atm

La presión interna para las micronanoburbujas pequeñas.

$$\Delta P = \frac{4 \left(0.0728 \frac{\text{N}}{\text{m}}\right)}{0.630 \times 10^{-6} \text{m}}$$

$$\Delta P = 462222.22 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 4.56 \text{ atm}$$

$$P = 0,96 \text{ atm} + 4.56 = 5.52 \text{ atm} \quad (5)$$

Por lo tanto, se concluye que la presión interna de las micronanoburbujas es de 5.52atm

El segundo objetivo específico fue determinar el tiempo óptimo para la remoción de metales pesados en el relave minero de Pasco, se logró determinar el tiempo óptimo para la remoción de metales en la muestra del relave minero, pasando por el equipo de remoción 3 veces, el tiempo determinado para la obtención de muestra fue de 10 minutos, 15 minutos y 20 minutos, siendo 3 tiempos distintos. En la primera prueba la muestra recorrió el artefacto y se obtuvieron dos muestras luego de 10 minutos, la segunda muestra fue a los 15 minutos y la tercera fue a los 20 minutos. En la segunda prueba también se obtuvieron las muestras a los 10 minutos, 15 minutos y 20 minutos. Finalmente, en la tercera prueba se repitió el mismo sistema de recolección de muestras en 10 minutos, 15 minutos y 20 minutos. Los datos obtenidos se analizaron en un registro de apuntes.

Contrastación de hipótesis

Para proceder a analizar los datos con pruebas de inferencia estadística se corroborará si se distribuyen de manera normal.

Para ello, se determina la prueba de normalidad para determinar si la distribución es normal.

Hipótesis específica 1

H1. La concentración de las propiedades físico-químicas del relave minero antes tratamiento y después del tratamiento aplicando las nanoburbujas se ajustan a una distribución normal.

Ho. La concentración de las propiedades físico-químicas del relave minero antes tratamiento y después del tratamiento aplicando las nanoburbujas se ajustan a una distribución NO normal.

Datos

Muestras	Propiedades físicas		Propiedades químicas						
	Temperatura (C°)	Conductividad Eléctrica (NTU)	pH	As (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Li (mg/L)	Mn (mg/L)	U (mg/L)
M0	20.1	733	7.15	0,03858	2,58445	0.0748	0,0053	0,20935	0,001676
M1B1 T10'	20.1	1556	7	0,02391	1,69263	0,0340	0,0464	0,18093	0,001441
M1A6 T10'	20.1	1378	7	0,02381	1,75422	0,0305	0,043	0,17719	0,001289
M2B1 T15'	20.1	1461	7	0,02203	1,57307	0,0299	0,042	0,1794	0,00134
M2A6 T15'	20.1	1329	7	0,02452	1,80315	0,0312	0,0462	0,17954	0,001413
M3B1 T20'	20.1	1340	6.94	0,02097	1,53738	0,0292	0,0434	0,16833	0,00134
M3A6 T20'	20.1	1505	6.92	0,02064	1,61250	0,0278	0,0438	0,16773	0,0013

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
CE A6	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
CE B1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
pH A6	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
pH B1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
As A6	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
As B1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
Cu A6	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
Cu B1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
Pb A6	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
Pb B1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
Li A6	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
Li B1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
Mn A6	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
Mn B1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
U A6	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
U B1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%

Descriptivos

			Estadístico	Error típ.
	Media		1236,2500	171,79997
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	689,5058	
		Límite superior	1782,9942	
	Media recortada al 5%		1249,2778	
	Mediana		1353,5000	
	Varianza		118060,917	
CE A6	Desv. típ.		343,59994	
	Mínimo		733,00	
	Máximo		1505,00	
	Rango		772,00	
	Amplitud intercuartil		591,25	
	Asimetría		-1,716	1,014
	Curtosis		3,201	2,619
	Media		1272,5000	185,18482
CE B1	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	683,1593	
		Límite superior	1861,8407	
	Media recortada al 5%		1286,7222	

	Mediana		1400,5000	
	Varianza		137173,667	
	Desv. típ.		370,36964	
	Mínimo		733,00	
	Máximo		1556,00	
	Rango		823,00	
	Amplitud intercuartil		647,50	
	Asimetría		-1,670	1,014
	Curtosis		2,879	2,619
	Media		7,0175000	,04802343
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	6,8646680	
	la media al 95%	Límite superior	7,1703320	
	Media recortada al 5%		7,0155556	
	Mediana		7,0000000	
	Varianza		,009	
pH A6	Desv. típ.		,09604686	
	Mínimo		6,92000	
	Máximo		7,15000	
	Rango		,23000	
	Amplitud intercuartil		,17250	
	Asimetría		1,045	1,014
	Curtosis		2,120	2,619
	Media		7,0225	,04479
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	6,8800	
	la media al 95%	Límite superior	7,1650	
	Media recortada al 5%		7,0200	
	Mediana		7,0000	
	Varianza		,008	
pH B1	Desv. típ.		,08958	
	Mínimo		6,94	
	Máximo		7,15	
	Rango		,21	
	Amplitud intercuartil		,16	
	Asimetría		1,380	1,014
	Curtosis		2,602	2,619
	Media		,0268875	,00398771
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	,0141968	
	la media al 95%	Límite superior	,0395782	
	Media recortada al 5%		,0265850	
As A6	Mediana		,0241650	
	Varianza		,000	
	Desv. típ.		,00797542	
	Mínimo		,02064	

	Máximo		,03858	
	Rango		,01794	
	Amplitud intercuartil		,01363	
	Asimetría		1,725	1,014
	Curtosis		3,254	2,619
	Media		,0263475	,00411938
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	,0132378	
	la media al 95%	Límite superior	,0394572	
	Media recortada al 5%		,0259667	
	Mediana		,0229200	
	Varianza		,000	
As B1	Desv. típ.		,00823876	
	Mínimo		,02097	
	Máximo		,03858	
	Rango		,01761	
	Amplitud intercuartil		,01365	
	Asimetría		1,881	1,014
	Curtosis		3,586	2,619
	Media		1,9385800	,21905215
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	1,2414583	
	la media al 95%	Límite superior	2,6357017	
	Media recortada al 5%		1,9208139	
	Mediana		1,7786850	
	Varianza		,192	
Cu A6	Desv. típ.		,43810429	
	Mínimo		1,61250	
	Máximo		2,58445	
	Rango		,97195	
	Amplitud intercuartil		,74120	
	Asimetría		1,792	1,014
	Curtosis		3,403	2,619
	Media		1,8468825	,24808680
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	1,0573596	
	la media al 95%	Límite superior	2,6364054	
	Media recortada al 5%		1,8231011	
	Mediana		1,6328500	
	Varianza		,246	
Cu B1	Desv. típ.		,49617360	
	Mínimo		1,53738	
	Máximo		2,58445	
	Rango		1,04707	
	Amplitud intercuartil		,81519	
	Asimetría		1,896	1,014

			3,621	2,619
			,0410750	,01126554
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	,0052230	
	la media al 95%	Límite superior	,0769270	
	Media recortada al 5%		,0399389	
	Mediana		,0308500	
	Varianza		,001	
Pb A6	Desv. típ.		,02253107	
	Mínimo		,02780	
	Máximo		,07480	
	Rango		,04700	
	Amplitud intercuartil		,03543	
	Asimetría		1,974	1,014
	Curtosis		3,919	2,619
	Media		,0419750	,01099275
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	,0069912	
	la media al 95%	Límite superior	,0769588	
	Media recortada al 5%		,0408611	
	Mediana		,0319500	
	Varianza		,000	
Pb B1	Desv. típ.		,02198551	
	Mínimo		,02920	
	Máximo		,07480	
	Rango		,04560	
	Amplitud intercuartil		,03523	
	Asimetría		1,946	1,014
	Curtosis		3,804	2,619
	Media		,0345750	,00978199
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	,0034443	
	la media al 95%	Límite superior	,0657057	
	Media recortada al 5%		,0355556	
	Mediana		,0434000	
	Varianza		,000	
Li A6	Desv. típ.		,01956398	
	Mínimo		,00530	
	Máximo		,04620	
	Rango		,04090	
	Amplitud intercuartil		,03088	
	Asimetría		-1,971	1,014
	Curtosis		3,907	2,619
	Media		,0342750	,00970184
Li B1	Intervalo de confianza para	Límite inferior	,0033994	
	la media al 95%	Límite superior	,0651506	

	Media recortada al 5%		,0352111	
	Mediana		,0427000	
	Varianza		,000	
	Desv. típ.		,01940367	
	Mínimo		,00530	
	Máximo		,04640	
	Rango		,04110	
	Amplitud intercuartil		,03118	
	Asimetría		-1,946	1,014
	Curtosis		3,829	2,619
	Media		,1834525	,00900187
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	,1548045	
	la media al 95%	Límite superior	,2121005	
	Media recortada al 5%		,1828872	
	Mediana		,1783650	
	Varianza		,000	
Mn A6	Desv. típ.		,01800374	
	Mínimo		,16773	
	Máximo		,20935	
	Rango		,04162	
	Amplitud intercuartil		,03180	
	Asimetría		1,505	1,014
	Curtosis		2,766	2,619
	Media		,1845025	,00874522
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	,1566713	
	la media al 95%	Límite superior	,2123337	
	Media recortada al 5%		,1840206	
	Mediana		,1801650	
	Varianza		,000	
Mn B1	Desv. típ.		,01749044	
	Mínimo		,16833	
	Máximo		,20935	
	Rango		,04102	
	Amplitud intercuartil		,03115	
	Asimetría		1,362	1,014
	Curtosis		2,544	2,619
	Media		,0014195	,00008997
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	,0011332	
	la media al 95%	Límite superior	,0017058	
U A6	Media recortada al 5%		,0014125	
	Mediana		,0013565	
	Varianza		,000	
	Desv. típ.		,00017995	

	Mínimo		,00129	
	Máximo		,00168	
	Rango		,00039	
	Amplitud intercuartil		,00032	
	Asimetría		1,481	1,014
	Curtosis		1,831	2,619
	Media		,0014493	,00007924
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior	,0011971	
		Límite superior	,0017014	
	Media recortada al 5%		,0014427	
	Mediana		,0013905	
	Varianza		,000	
U B1	Desv. típ.		,00015849	
	Mínimo		,00134	
	Máximo		,00168	
	Rango		,00034	
	Amplitud intercuartil		,00028	
	Asimetría		1,516	1,014
	Curtosis		1,972	2,619

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2021*

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CE A6	,356	4	.	,819	4	,142
CE B1	,322	4	.	,834	4	,178
pH A6	,322	4	.	,903	4	,445
pH B1	,349	4	.	,865	4	,279
As A6	,367	4	.	,812	4	,125
As B1	,371	4	.	,755	4	,043
Cu A6	,371	4	.	,794	4	,092
Cu B1	,372	4	.	,740	4	,031
Pb A6	,419	4	.	,690	4	,009
Pb B1	,392	4	.	,707	4	,014
Li A6	,417	4	.	,695	4	,010
Li B1	,405	4	.	,718	4	,018
Mn A6	,336	4	.	,865	4	,277
Mn B1	,331	4	.	,882	4	,346
U A6	,264	4	.	,835	4	,181
U B1	,271	4	.	,814	4	,131

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2021*

Criterio usado para la prueba de hipótesis:

Si Pvalue > $\alpha=0.05$; Siguen una distribución normal. Se acepta Ho

Si Pvalue < $\alpha=0.05$; No siguen una distribución normal. Se rechaza Ho

Como el p-value es mayor en CE A6, CE B1, pH A6, pH B1, As A6, Cu A6, Mn A6, Mn B1, U A6 y U B1 que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$), y es menor a As B1, Cu B1, Pb A6, Pb B1, Li A6 y Li B1, entonces los datos se ajustan a una distribución No normal, entonces se puede concluir que los datos son **no paramétricos**.

Nota: No se toma en cuenta la temperatura en vista que se mantiene constante.

Hipótesis específica 2

H1. El tiempo del tratamiento para remover los metales encontrados en el relave minero de Pasco aplicando las nanoburbujas se ajusta a una distribución normal.

Ho. El tiempo del tratamiento para remover los metales encontrados en el relave minero de Pasco aplicando las nanoburbujas se ajusta a una distribución NO normal.

Muestras	Tiempo (min)	As (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Li (mg/L)	Mn (mg/L)	U (mg/L)
M0	0	0,03858	2,58445	0.0748	0,0053	0,20935	0,001676
M1B1 T10'	10	0,02391	1,69263	0,0340	0,0464	0,18093	0,001441
M1A6 T10'	10	0,02381	1,75422	0,0305	0,043	0,17719	0,001289
M2B1 T15'	15	0,02203	1,57307	0,0299	0,042	0,1794	0,00134
M2A6 T15'	15	0,02452	1,80315	0,0312	0,0462	0,17954	0,001413
M3B1 T20'	20	0,02097	1,53738	0,0292	0,0434	0,16833	0,00134
M3A6 T20'	20	0,02064	1,61250	0,0278	0,0438	0,16773	0,0013

Resumen del procesamiento de los casos

	Casos					
	Válidos		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
As A6	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
As B1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
Cu A6	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
Cu B1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
Pb A6	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
Pb B1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
Li A6	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
Li B1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
Mn A6	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
Mn B1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
U A6	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
U B1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
Tiempo	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%

Descriptivos

		Estadístico	Error típ.
	Media	,0268875	,00398771
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	,0141968 ,0395782
	Media recortada al 5%		,0265850
	Mediana		,0241650
	Varianza		,000
As A6	Desv. típ.		,00797542
	Mínimo		,02064
	Máximo		,03858
	Rango		,01794
	Amplitud intercuartil		,01363
	Asimetría		1,725
	Curtosis		3,254
	Media		,0263475
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior Límite superior	,0132378 ,0394572
As B1	Media recortada al 5%		,0259667
	Mediana		,0229200

	Varianza		,000	
	Desv. típ.		,00823876	
	Mínimo		,02097	
	Máximo		,03858	
	Rango		,01761	
	Amplitud intercuartil		,01365	
	Asimetría		1,881	1,014
	Curtosis		3,586	2,619
	Media		1,9385800	,21905215
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	1,2414583	
	la media al 95%	Límite superior	2,6357017	
	Media recortada al 5%		1,9208139	
	Mediana		1,7786850	
	Varianza		,192	
Cu A6	Desv. típ.		,43810429	
	Mínimo		1,61250	
	Máximo		2,58445	
	Rango		,97195	
	Amplitud intercuartil		,74120	
	Asimetría		1,792	1,014
	Curtosis		3,403	2,619
	Media		1,8468825	,24808680
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	1,0573596	
	la media al 95%	Límite superior	2,6364054	
	Media recortada al 5%		1,8231011	
	Mediana		1,6328500	
	Varianza		,246	
Cu B1	Desv. típ.		,49617360	
	Mínimo		1,53738	
	Máximo		2,58445	
	Rango		1,04707	
	Amplitud intercuartil		,81519	
	Asimetría		1,896	1,014
	Curtosis		3,621	2,619
	Media		,0410750	,01126554
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	,0052230	
	la media al 95%	Límite superior	,0769270	
	Media recortada al 5%		,0399389	
Pb A6	Mediana		,0308500	
	Varianza		,001	
	Desv. típ.		,02253107	
	Mínimo		,02780	
	Máximo		,07480	

	Rango		,04700	
	Amplitud intercuartil		,03543	
	Asimetría		1,974	1,014
	Curtosis		3,919	2,619
	Media		,0419750	,01099275
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	,0069912	
	la media al 95%	Límite superior	,0769588	
	Media recortada al 5%		,0408611	
	Mediana		,0319500	
	Varianza		,000	
Pb B1	Desv. típ.		,02198551	
	Mínimo		,02920	
	Máximo		,07480	
	Rango		,04560	
	Amplitud intercuartil		,03523	
	Asimetría		1,946	1,014
	Curtosis		3,804	2,619
	Media		,0345750	,00978199
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	,0034443	
	la media al 95%	Límite superior	,0657057	
	Media recortada al 5%		,0355556	
	Mediana		,0434000	
	Varianza		,000	
Li A6	Desv. típ.		,01956398	
	Mínimo		,00530	
	Máximo		,04620	
	Rango		,04090	
	Amplitud intercuartil		,03088	
	Asimetría		-1,971	1,014
	Curtosis		3,907	2,619
	Media		,0342750	,00970184
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	,0033994	
	la media al 95%	Límite superior	,0651506	
	Media recortada al 5%		,0352111	
	Mediana		,0427000	
	Varianza		,000	
Li B1	Desv. típ.		,01940367	
	Mínimo		,00530	
	Máximo		,04640	
	Rango		,04110	
	Amplitud intercuartil		,03118	
	Asimetría		-1,946	1,014
	Curtosis		3,829	2,619

	Media		,1834525	,00900187
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	,1548045	
	la media al 95%	Límite superior	,2121005	
	Media recortada al 5%		,1828872	
	Mediana		,1783650	
	Varianza		,000	
Mn A6	Desv. típ.		,01800374	
	Mínimo		,16773	
	Máximo		,20935	
	Rango		,04162	
	Amplitud intercuartil		,03180	
	Asimetría		1,505	1,014
	Curtosis		2,766	2,619
	Media		,1845025	,00874522
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	,1566713	
	la media al 95%	Límite superior	,2123337	
	Media recortada al 5%		,1840206	
	Mediana		,1801650	
	Varianza		,000	
Mn B1	Desv. típ.		,01749044	
	Mínimo		,16833	
	Máximo		,20935	
	Rango		,04102	
	Amplitud intercuartil		,03115	
	Asimetría		1,362	1,014
	Curtosis		2,544	2,619
	Media		,0014195	,00008997
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	,0011332	
	la media al 95%	Límite superior	,0017058	
	Media recortada al 5%		,0014125	
	Mediana		,0013565	
	Varianza		,000	
U A6	Desv. típ.		,00017995	
	Mínimo		,00129	
	Máximo		,00168	
	Rango		,00039	
	Amplitud intercuartil		,00032	
	Asimetría		1,481	1,014
	Curtosis		1,831	2,619
	Media		,0014493	,00007924
U B1	Intervalo de confianza para	Límite inferior	,0011971	
	la media al 95%	Límite superior	,0017014	
	Media recortada al 5%		,0014427	

	Mediana		,0013905	
	Varianza		,000	
	Desv. típ.		,00015849	
	Mínimo		,00134	
	Máximo		,00168	
	Rango		,00034	
	Amplitud intercuartil		,00028	
	Asimetría		1,516	1,014
	Curtosis		1,972	2,619
	Media		11,25	4,270
	Intervalo de confianza para	Límite inferior	-2,34	
	la media al 95%	Límite superior	24,84	
	Media recortada al 5%		11,39	
	Mediana		12,50	
	Varianza		72,917	
Tiempo	Desv. típ.		8,539	
	Mínimo		0	
	Máximo		20	
	Rango		20	
	Amplitud intercuartil		16	
	Asimetría		-,753	1,014
	Curtosis		,343	2,619

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2021*

Pruebas de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
As A6	,367	4	.	,812	4	,125
As B1	,371	4	.	,755	4	,043
Cu A6	,371	4	.	,794	4	,092
Cu B1	,372	4	.	,740	4	,031
Pb A6	,419	4	.	,690	4	,009
Pb B1	,392	4	.	,707	4	,014
Li A6	,417	4	.	,695	4	,010
Li B1	,405	4	.	,718	4	,018
Mn A6	,336	4	.	,865	4	,277
Mn B1	,331	4	.	,882	4	,346
U A6	,264	4	.	,835	4	,181
U B1	,271	4	.	,814	4	,131
Tiempo	,192	4	.	,971	4	,850

a. Corrección de la significación de Lilliefors

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2021*

Criterio usado para la prueba de hipótesis:

Si Pvalue > $\alpha=0.05$, Siguen una distribución normal. Se acepta H_0

Si Pvalue < $\alpha=0.05$, No siguen una distribución normal. Se rechaza H_0

Como el p-value es mayor que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$), entonces los datos se ajustan a una distribución normal, entonces se puede concluir que los datos son **paramétricos**.

Como el p-value es mayor en As A6, Cu A6, Mn A6, Mn B1, U A6, U B1 y Tiempo que el nivel de significancia ($\alpha=0.05$), y es menor a As B1, Cu B1, Pb A6, Pb B1, Li A6 y Li B1, entonces los datos se ajustan a una distribución No normal, entonces se puede concluir que los datos son **no paramétricos**.

Hipótesis general

H_1 : La aplicación de micro-nano burbujas de aire y oxígeno remueve parcialmente metales pesados encontrados en el relave minero de Pasco.

H_0 : La aplicación de micro-nano burbujas de aire y oxígeno NO remueve parcialmente metales pesados encontrados en el relave minero de Pasco.

Para el contraste mediante medias de muestras relacionadas se utiliza la **prueba T**.

Estadísticos de muestras relacionadas

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	Tiempo	11,25	4	8,539	4,270
	As A6	,0268875	4	,00797542	,00398771
Par 2	Tiempo	11,25	4	8,539	4,270
	As B1	,0263475	4	,00823876	,00411938
Par 3	Tiempo	11,25	4	8,539	4,270
	Cu A6	1,9385800	4	,43810429	,21905215
Par 4	Tiempo	11,25	4	8,539	4,270
	Cu B1	1,8468825	4	,49617360	,24808680
Par 5	Tiempo	11,25	4	8,539	4,270
	Pb A6	,0410750	4	,02253107	,01126554
Par 6	Tiempo	11,25	4	8,539	4,270
	Li A6	,0345750	4	,01956398	,00978199
Par 7	Tiempo	11,25	4	8,539	4,270
	Li B1	,0342750	4	,01940367	,00970184
Par 8	Tiempo	11,25	4	8,539	4,270
	Mn A6	,1834525	4	,01800374	,00900187
Par 9	Tiempo	11,25	4	8,539	4,270
	Mn B1	,1845025	4	,01749044	,00874522
Par 10	Tiempo	11,25	4	8,539	4,270

	U A6	,0014195	4	,00017995	,00008997
Par 11	Tiempo	11,25	4	8,539	4,270
	U B1	,0014493	4	,00015849	,00007924

Correlaciones de muestras relacionadas

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Tiempo y As A6	4	-,936	,064
Par 2	Tiempo y As B1	4	-,937	,063
Par 3	Tiempo y Cu A6	4	-,926	,074
Par 4	Tiempo y Cu B1	4	-,931	,069
Par 5	Tiempo y Pb A6	4	-,900	,100
Par 6	Tiempo y Li A6	4	,884	,116
Par 7	Tiempo y Li B1	4	,844	,156
Par 8	Tiempo y Mn A6	4	-,945	,055
Par 9	Tiempo y Mn B1	4	-,972	,028
Par 10	Tiempo y U A6	4	-,823	,177
Par 11	Tiempo y U B1	4	-,962	,038

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2021*

Criterio usado para las correlaciones de muestras relacionadas:

Si $Pvalue > \alpha=0.05$ se acepta la H_0 , luego los grupos son homogéneos.

Si $Pvalue < \alpha=0.05$ Se rechaza H_0 , luego los grupos no son homogéneos.

Prueba de muestras relacionadas

		Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Tiempo - As A6	11,22311250	8,54659125	4,27329562	-2,37642137	24,82264637	2,626	3	,079
Par 2	Tiempo - As B1	11,22365250	8,54684306	4,27342153	-2,37628205	24,82358705	2,626	3	,079
Par 3	Tiempo - Cu A6	9,31142000	8,94649105	4,47324552	-4,92444369	23,54728369	2,082	3	,129
Par 4	Tiempo - Cu B1	9,40311750	9,00311223	4,50155612	-4,92284313	23,72907813	2,089	3	,128
Par 5	Tiempo - Pb A6	11,20892500	8,55940561	4,27970280	-2,41099937	24,82884937	2,619	3	,079
Par 6	Tiempo - Li A6	11,21542500	8,52183271	4,26091636	-2,34471251	24,77556251	2,632	3	,078
Par 7	Tiempo - Li B1	11,21572500	8,52275150	4,26137575	-2,34587451	24,77732451	2,632	3	,078
Par 8	Tiempo - Mn A6	11,06654750	8,55613810	4,27806905	-2,54817754	24,68127254	2,587	3	,081
Par 9	Tiempo - Mn B1	11,06549750	8,55613508	4,27806754	-2,54922274	24,68021774	2,587	3	,081
Par 10	Tiempo - U A6	11,24858050	8,53927368	4,26963684	-2,33930949	24,83647049	2,635	3	,078
Par 11	Tiempo - U B1	11,24855075	8,53927812	4,26963906	-2,33934631	24,83644781	2,635	3	,078

Fuente: Procesamiento de datos en *IBM SPSS Statistics v.24, 2021*

Criterio usado para la prueba de hipótesis:

Si $P\text{value} > \alpha=0.05$ se acepta la H_0

Si $P\text{value} < \alpha=0.05$ Se rechaza H_0

Observando las significancias, notamos que todas las significancias son ligeramente mayores de 0.05. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

Hipótesis nula:

La aplicación de micro-nano burbujas de aire y oxígeno NO remueve parcialmente metales pesados encontrados en el relave minero de Pasco

V. DISCUSIÓN

Desde la hipótesis general la investigación evaluó la eficiencia de la remoción de los metales pesados y parámetros fisicoquímicos del relave minero de Pasco a través de las micro-nanoburbujas de aire, de acuerdo con Maccasi (2017) en su investigación "Comportamiento del sistema de nano burbujeo en el tratamiento para reducir los niveles de contaminación de aguas residuales domésticas en la provincia de concepción". Los resultados que se obtuvieron en la investigación se procede lo siguiente: que el tratamiento de la aplicación mediante de nano burbujas de aire fueron: en las 2 horas de inyección de aire se logró una remoción de un 0,87% DQO y en 8 horas de inyección de aire se alcanzó 79,92% de DQO como máximo valor de remoción y a las 10 horas no hay una disminución de la DQO. Los resultados obtenidos aplicando en tratamiento de micro-nanoburbujas que obtuvimos fueron. En la prueba M1B1T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 34% y 33%, y en la prueba de M1B1T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 32%, 37% y 41%. En la prueba de M1B1T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 35%, 40% y 46%. En la prueba M1A6T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 32% y 40%. En la prueba M1A6T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 24%, 30% y 39%. En la prueba M1A6T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 36%, 37% y 46%. El pH promedio de los tratamientos fue de 6.97 con los resultados obtenidos se demuestra que la aplicación de micro- nanoburbujas removió los metales pesados encontrados en el relave minero de Pasco y el pH lo mantuvo cerca del 7. Además, que eficiencia depende del tiempo del tratamiento.

De acuerdo con Etchepare et al. (2017) realizaron su investigación "Separation of emulsified crude oil in saline water by dissolved air flotation with micro and nanobubbles". Los resultados que se obtuvieron se procede aplicando las nano-burbujas de aire la reducción de los aceites fue en un 99 %, el resultado con la flotación fue instantáneo y continuo en su modelo. Las nanoburbujas se unieron al aceite y ayudo al proceso de flotación. Los resultados obtenidos aplicando en tratamiento de micro-nanoburbujas que obtuvimos fueron. En la prueba M1B1T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 34% y 33%, y en la prueba de M1B1T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 32%, 37% y 41%. En la prueba de M1B1T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 35%, 40% y 46%. En la prueba M1A6T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 32% y 40%. En la prueba M1A6T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 24%, 30% y 39%. En la prueba M1A6T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 36%, 37% y 46%, el pH promedio de los tratamientos fue de 6.97 se demuestra una reducción de aceite notoria comparado con los resultados obtenidos. La eficiencia de micro-nanoburbujas aplicado en metales pesados encontrados en el relave minero de Pasco fue menor. Sin embargo, el pH lo mantuvo cerca del 7. Así mismo la eficiencia depende del tiempo del tratamiento.

De acuerdo con Yenial y Bulut (2017) realizaron su investigación "Examination of flotation behavior of metal ions for process water remediation". Los resultados que se obtuvieron en la investigación se procede lo siguiente: aplicando las nano-burbujas de aire, los metales como el Zinc fueron reducidos a bajas concentraciones. Los procesos con estos metales fueron efectivos con un pH 9 y se descubrió que la eliminación de metal fue superior al 80%. Los resultados obtenidos aplicando en tratamiento de micro-nanoburbujas que obtuvimos fueron. En la prueba M1B1T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 34% y 33%, y en la prueba de M1B1T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 32%, 37% y 41%. En la prueba de M1B1T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 35%, 40% y 46%. En la prueba M1A6T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 32% y 40%. En la prueba M1A6T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 24%, 30% y 39%. En la prueba M1A6T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 36%, 37% y 46%, el pH promedio de los tratamientos fue de 6.97. La reducción de los metales pesados encontrados en la unidad minera de Pasco fue menor, comparado a la reducción del zinc ya

que demuestra una reducción mayor al 80% sin embargo obtuvo un pH 9 comparado al pH 6.97 que obtuvimos aplicando las micronanoburbujas de aire.

De acuerdo con Nuorivaara et al (2019), realizó su investigación “Environmental remediation of sulfidic tailings with froth flotation: Reducing the consumption of additional resources by optimization of conditioning parameters and water recycling”. Los resultados que se obtuvieron en la investigación se procede lo siguiente: las burbujas generadas fueron de aire. La recuperación de azufre y los resultados de grado obtenidos después de 30 minutos fueron de 30% a 92%. Los resultados obtenidos aplicando en tratamiento de micro-nanoburbujas que obtuvimos fueron. En la prueba M1B1T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 34% y 33%, y en la prueba de M1B1T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 32%, 37% y 41%. En la prueba de M1B1T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 35%, 40% y 46%. En la prueba M1A6T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 32% y 40%. En la prueba M1A6T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 24%, 30% y 39%. En la prueba M1A6T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 36%, 37% y 46%, el pH promedio de los tratamientos fue de 6.97. La reducción de los metales pesados aplicando las micro-nanoburbujas en la unidad minera de Pasco demuestra una descontaminación en el efluente tratado manteniendo un pH 6.97.

De acuerdo con (Chehreh et al, 2019). En su investigación “A comparative study on the effects of dry and wet grinding on mineral flotation separation—a review. Artículo Journal of Materials Research and Technology”. Los resultados que se obtuvieron en la investigación se procede lo siguiente: La aplicación fue flotación por espuma de aire. Su eficiencia fue de un 90% en la recuperación de la tierra húmeda galena, y su pH aumento de 4 a 7. Los resultados obtenidos aplicando en tratamiento de micro-nanoburbujas que obtuvimos fueron. En la prueba M1B1T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 34% y 33%, y en la prueba de M1B1T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 32%, 37% y 41%. En la prueba de M1B1T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 35%,40% y 46%. En la prueba M1A6T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 32% y 40%. En la prueba M1A6T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 24%, 30% y 39%. En la prueba M1A6T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 36%, 37% y 46%, el pH promedio de los tratamientos fue de 6.97. La aplicación las micro-nanoburbujas demuestra un alto porcentaje

de eficiencia en la recuperación de tierra húmeda galena, los resultados obtenidos en la unidad la unidad minera de Pasco aplicando las micronanoburbujas fue menor sin embargo el pH fue similar en ambos tratamientos manteniéndolo cerca de 7.

De acuerdo con (Mendoza, 2017). En su investigación “Influencia de la dosificación del metil isobutil carbinol y granulometría sobre la recuperación de oro y plata de una piritita de la zona de Otuzco, mediante flotación”. Los resultados que se obtuvieron en la investigación se procede lo siguiente: se utilizó una muestra de 1 kg de mineral después de acondicionar con los reactivos se abrió ligeramente la válvula de aire y floto durante 3 minutos, retirando las espumas, obteniéndose un valor de recuperación de 81.33 % para el oro y 89.45% para la plata. Los resultados obtenidos aplicando en tratamiento de micro-nanoburbujas que obtuvimos fueron. En la prueba M1B1T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 34% y 33%, y en la prueba de M1B1T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 32%, 37% y 41%. En la prueba de M1B1T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 35%, 40% y 46%. En la prueba M1A6T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 32% y 40%. En la prueba M1A6T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 24%, 30% y 39%. En la prueba M1A6T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 36%, 37% y 46%, el pH promedio de los tratamientos fue de 6.97. la reducción aplicando el tratamiento de micronanoburbujas fue menor comparado a la recuperación de Mendoza sin embargo se mantuvo un pH ligeramente neutro en todo el tratamiento.

De acuerdo con (Utani y Lupo, 2014). En su investigación “Recuperación del cobre por flotación de los minerales sulfurados del yacimiento sulfubamba-apurimac”. Los resultados que se obtuvieron en la investigación se procede lo siguiente: Las muestras de espumas de flotación de aire fueron tomadas a cabo de 0.5 min, 1 minutos, 2 minutos; 4 minutos y 8 minutos. Se recuperó el mineral sulfuro de cobre en los desmontes por el método de flotación. Mediante el proceso de flotación por espumas, se logró una recuperación de 87.93% para una densidad de pulpa 1350 g/L. Los resultados obtenidos aplicando en tratamiento de micro-nanoburbujas que obtuvimos fueron. En la prueba M1B1T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 34% y 33%, y en la prueba de M1B1T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 32%, 37% y 41%. En la prueba de M1B1T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 35%, 40% y 46%. En la prueba M1A6T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 32% y 40%.

En la prueba M1A6T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 24%, 30% y 39%. En la prueba M1A6T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 36%, 37% y 46%, el pH promedio de los tratamientos fue de 6.97. La reducción de los metales pesados aplicando la micronanoburbujas fue efectiva, ya que descontaminó el efluente de la unidad minera de Pasco, además se demuestra que la recuperación de sulfuro de cobre mediante la flotación por espuma fue efectiva en un 87.93%.

De acuerdo con (Reis, Et al, 2019). En su investigación "Effect of bubble size on the performance flotation of fine particles of a low-grade Brazilian apatite ore". Los resultados que se obtuvieron en la investigación se procede lo siguiente: La aplicación de nano burbujas de oxígeno de diferentes tamaños fue favorable para la recuperación de ganga asociada con apatita. La redención de P_2O_5 se disminuyó en un 40%. Los resultados obtenidos aplicando en tratamiento de micro- nanoburbujas que obtuvimos fueron. En la prueba M1B1T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 34% y 33%, y en la prueba de M1B1T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 32%, 37% y 41%. En la prueba de M1B1T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 35%, 40% y 46%. En la prueba M1A6T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 32% y 40%. En la prueba M1A6T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 24%, 30% y 39%. En la prueba M1A6T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 36%, 37% y 46%, el pH promedio de los tratamientos fue de 6.97. La reducción de los metales pesados aplicando la micronanoburbujas fue similar al % de disminución que obtuvo Reis, ETal 2019 estando cerca del 40%.

De acuerdo con (Reyes, Et Al, 2019). En su investigación "Use of humic substance in froth flotation processes". Los resultados que se obtuvieron en la investigación se procede lo siguiente: las muestras tenían un 0,93% de cobre (Cu), 0,05 % de molibdeno (Mo) y 3,80 % de hierro (Fe). La muestra proveniente fue de una planta de tratamientos de aguas residuales, los concentrados fueron muestreados en 1, 3, 6, 10 y 14 min. Los resultados de flotación mostraron un colector convencional eficiente, recuperando el Cu 64.1 %. Los biosólidos puros obtuvieron una restauración de muestra de 60 % de Cu. La recuperación más alta lograda por el recolector no convencional es de 64.1 % para Cu y 44.2% para Mo; relativamente cerca de los alcanzados por 76.2% para Cu y 46.5% para Mo. Los resultados obtenidos aplicando en tratamiento de micro- nanoburbujas que obtuvimos fueron. En la prueba M1B1T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 34% y 33%, y en

la prueba de M1B1T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 32%, 37% y 41%. En la prueba de M1B1T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 35%, 40% y 46%. En la prueba M1A6T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 32% y 40%. En la prueba M1A6T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 24%, 30% y 39%. En la prueba M1A6T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 36%, 37% y 46%, el pH promedio de los tratamientos fue de 6.97. La reducción de los metales pesados luego de la aplicación del tratamiento de micro- nanoburbujas fue similar a la recuperación del cobre que obtuvo Reyes, siendo su recuperación de 46.5% en el Cu y la disminución del cobre después del tratamiento fue de 46% Cu demostrando la eficiencia del tratamiento aplicado.

De acuerdo con (Shuai, Et AL, 2019). En su investigación “Oxygen pressure leaching-flotation joint process for Jinbaoshan platinum group minerals”. Los resultados que se obtuvieron en la investigación se procede lo siguiente: La flotación mediante el gas de oxígeno tuvo lugar a pH natural = 6.5. Los resultados obtenidos aplicando en tratamiento de micro-nanoburbujas que obtuvimos fueron. En la prueba M1B1T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 34% y 33%, y en la prueba de M1B1T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 32%, 37% y 41%. En la prueba de M1B1T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 35%, 40% y 46%. En la prueba M1A6T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 26%, 32% y 40%. En la prueba M1A6T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 24%, 30% y 39%. En la prueba M1A6T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo fue de 36%, 37% y 46%. El pH promedio de los tratamientos fue de 6.97. el pH promedio del tratamiento aplicando las micro-nanoburbujas fue similar al pH del tratamiento realizado por Shuai siendo de 6.5 pH. Demostrando que se mantuvo un pH ligeramente

VI. CONCLUSIONES

Los resultados fisicoquímicos fueron los siguientes, se llegó a observar que el pH se mantuvo ligeramente neutro durante el tratamiento siendo de 6.75pH. La conductividad para las muestras tuvo los siguientes resultados muestra para la M0 fue de 733 mS/m, M1B1T10 fue 1556 mS/m, M1A6T10 fue 1378 mS/m, M2B1T15 fue 1461 mS/m, M2A6T15 fue 1329 mS/m, M3B1T20 fue 1340 mS/m, M3A6T20 1506 mS/m. Teniendo un aumento en la conductividad.

En la prueba M1B1T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo, litio, manganeso y uranio, fue de 38%, 35%, 55%, 16%, 14%, 14% respectivamente. En la prueba de M1B1T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo, litio, manganeso y uranio fue de 43%, 39%, 60%, 24%, 14% y 20%. En la prueba de M1B1T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo, litio, manganeso y uranio, fue de 46%, 41%, 61%, 22%, 20% y 20%. Demostrando que el % de reducción depende del tiempo tratado.

En la prueba M1A6T10 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo, litio, manganeso, uranio, titanio, fue de 38%, 32%, 59%, 22%, 15%, 23% y 33%. En la prueba M1A6T15 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo, litio, manganeso, uranio, titanio fue de 36%, 30%, 58%, 16%, 14%, 16%, 17% En la prueba M1A6T20 minutos la remoción de arsénico, cobre, plomo, litio, manganeso, uranio, titanio fue de 47%, 38%, 63%, 21%, 20%, 22%, 33%.

Se logró disminuir la concentración de metales pesados encontrados en el relave minero de Pasco ya que se redujeron las concentraciones iniciales del arsénico, cobre, plomo, litio, manganeso y uranio en 46%, 41%, 61%, 22%, 20% y 20% en el tiempo máximo tratado de 20 minutos, lo que demuestra que la eficiencia del tratamiento aplicado puede aumentar dependiendo del tiempo del tratamiento.

La presión óptima para la generación de las micronanoburbujas fue de 80psi ya que se logró una mayor cantidad de micro-nanoburbujas generadas manteniendo la presión constante.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda revisar y hacer unas pruebas previas antes del tratamiento con el equipo generador de nanoburbujas a fin de lograr mejores resultados.

No debe existir ninguna fuga de aire ya que perjudica al tratamiento de micronanoburbujas.

Se recomienda aplicar el tratamiento durante un tiempo de 1 hora para mejorar la eficiencia de remoción ya que en el tiempo máximo de 20 minutos se logró reducir el arsénico, cobre, plomo, litio, manganeso, uranio, titanio en un 47%, 38%, 63%, 21%, 20%, 22%, 33% respectivamente.

REFERENCIAS:

- Agrofy New. “Las nano burbujas y su potencial revolucionario para la agricultura” 2017. Recuperado en: <https://news.agrofy.com.ar/noticia/172696/nano-burbujas-y-su-potencial-revolucionario-agricultura>
- Arroyo, Lorena “La nanoburbuja y su potencial revolucionario para la agricultura” 2017. Recuperado en: <https://news.agrofy.com.ar/noticia/172696/nano-burbujas-y-su-potencial-revolucionario-agricultura>
- Astete Jonh, Gastañaga María del Carmen, Pérez Doris. “Niveles de metales pesados en el ambiente y su exposición en la población luego de cinco años de exploración minera en Las Bambas, Perú (2014). Recuperado de: <https://www.scielosp.org/article/rpmesp/2014.v31n4/695-701/>
- Azevedo A., Oliveira H. and Rubio J. “Bulk nanobubbles in the mineral and environmental areas: Updating research and applications, Advances in Colloid and Interface Science”. 2019. Recuperado en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001868619301290>
- Beltrán, Cinda y Jacinto, Napoleón. Aplicación de microburbujas en la flotación de lodos de tratamiento de aguas ácidas de mina. Parte II: Flotación. Revista Metalúrgica – Universidad Técnica de Oruro, (32): 20-27, 2012. Recuperado en: http://www.revistasbolivianas.org.bo/scielo.php?pid=S2078-55932012000200003&script=sci_arttext
- Beltrán-Rodríguez Lorena, Joan M. Larrahondo, Diego Cobos “tecnologías emergentes para disposición de relaves: oportunidades en Colombia” Colombia (2018). Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rbct/article/view/66617>

- Boss Tech” Nano Burbujas y sus aplicaciones” 2018. Recuperado en: <https://bosstech.pe/blog/nano-burbujas-y-sus-aplicaciones/>
- Calgaroto R. “Aqueous dispersions of nanobubbles: Generation, properties and features” Vol 94. 2016. Brazil Recuperado en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0892687516301212>
- Chehreh Chelgani, M. Parian, P. Semsari Parapari, Y. Ghorbani, J. Rosenkranz “A comparative study on the effects of dry and wet grinding on mineral flotation separation—a review. Artículo Journal of Materials Research and Technology” Vol 8. 2019. Recuperado en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S223878541930849X>
- Colqui Limaylla, José Adriano. Evaluación del colector pq-6293 en la flotación de minerales sulfurados de plomo – plata en la empresa buenaventura unidad mallay 2017. (2017). recuperado de: http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/352/1/T026_46178585_T.pdf
- Corin K.C., Song Z.G., Wiese J.G., y O’Connor C.T. “Effect of using different grinding media on the flotation of a base metal sulphide ore”. Artículo Minerals Engineering Vol 126. 2018. Recuperado en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0892687518302917>
- Cortez Alvarez, Kelly Michelle; “Diseño de un módulo de electrodeposición metálica por medios electrolíticos” 2014. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0781_M.pdf
- David; “electrodeposición”; 2017. Recuperado en: <https://www.911metallurgist.com/metallurgia/electrodeposicion/>
- Dawei Wang “Photoelectrochemical cell for simultaneous electricity generation and heavy metals recovery from wastewater”, China (2017). Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389416309359>

- D’Alessandro Manuel, Rocas y minerales “Oro, características, propiedades físicas” 2016. Recuperado en:
<https://www.rocasym minerales.net/oro/>

- Dongping, Tao; Ahmed, Sobhy; Nanobubble effects on hydrodynamic interactions between particles and bubbles. Artículo Powder Technology Vol 346. 2019. pp 385-395. Recuperado en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032591019301263>

- Etchepare “Separation of emulsified crude oil in saline water by dissolved air flotation with micro and nanobubbles”. Artículo Separation and Purification Technology Vol 186. 2017. pp 326 - 332. Recuperado en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586617312777>

- Foladari, Guillermo. Políticas públicas en nanotecnología en América Latina. Revista Problemas del desarrollo. 2016. pp 59-81.
Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301703616300232>

- Flores “Flotación de minerales” Bolivia (2014 pp2). obtenido de:
<https://es.scribd.com/doc/169950456/FLOTACION-DE-MINERALES-TEXTO-COMPLETO-pdf>

- Garzón Gutiérrez, Magdalia, Rodríguez Miranda, Juan Pablo. “Gestión ambiental de aguas residuales industriales con mercurio proveniente” Colombia (2014) recuperado en:
<http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v17n1/v17n1a12.pdf>

- Gastañaga Carmen “Niveles de metales pesados en el ambiente y su exposición en la población luego de cinco años de exploración minera en las bambas (2014). Recuperado de:
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S172646342014000400012

- Gutiérrez Falcón “Estudio del tratamiento de minerales sulfurados acuríferos mediante procesos secuenciales de flotación, lixiviación alcalina, biolixiviación y cianuración para la recuperación de oro” Perú (2017). PP 85 Recuperado de:
https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/6616/Gutierrez_fl.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gutiérrez Leopoldo “Efecto del agua de mar en la recuperación de minerales de cobre-molibdeno por procesos de flotación” Chile (2017). PP 128 recuperado de:
http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/2691/Tesis_Efecto_del_agua_de_mar_.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Londoño-Franco, Londoño-Muñoz, Muñoz-García. “riesgos de metales pesados en la salud humana y animal”. Revista Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Vol 14 No. 2. 2016. pp 145-153. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
- Maccasi Allasi, Giulliana. Comportamiento del sistema de nano burbujeo en el tratamiento para reducir los niveles de contaminación de aguas residuales domésticas en la provincia de concepción. Tesis (Título profesional de Ingeniero Químico). Huancayo: Universidad Nacional del centro del Perú. 2017.

Disponible en:
<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3777/Macassi%20Allasi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mendoza Cercado. “Influencia de la dosificación del metil isobutil carbinol y granulometría sobre la recuperación de oro y plata de una piritita de la zona de otuzco, mediante flotación” Perú (2017). PP 78 recuperado de:
<http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10701/Mendoza%20Cercado%2C%20Wily%20Maicol%20->

[%20Teran%20Espinoza%20Hender%20Samuel.pdf?sequence=1&isAllo
wed=y](#)

- MINAM, Aprende a prevenir los efectos del mercurio. 2016. Módulo 3.

Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-3.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-3.pdf>
- Nuorivaara Ted, Anna Björkqvist, John Bacher y Rodrigo Serna-Guerrero “Environmental remediation of sulfidic tailings with froth flotation: Reducing the consumption of additional resources by optimization of conditioning parameters and water recycling”. Artículo Journal of Environmental Management Vol 236. 2019. pp 125-133. Recuperado en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479719301227>
- Reis, Angelica; Reis Filho, Argileu; Demuner, Larissa y Barrozo, Marcos “Effect of bubble size on the performance flotation of fine particles of a low-grade Brazilian apatite ore”. Artículo Powder Technology Vol 356. 2019. pp 884-891. Recuperado en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0032591019307557>
- Reyes, Lorenzo; Vyhmeister, Eduardo; Godoy, Alex; Higuera, Pablo y Funez, Carlos “Use of humic substance in froth flotation processes”. Artículo Journal of environmental management Vol 252. 2019. Recuperado en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479719314173>
- Segura Fortunato “Estudio tecnológico para la depresión del arsénico en minerales de cobre” LIMA – PERÚ (2016). PP 76-86 recuperado de: http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/3956/1/riofrio_or.pdf
- Shuai, Rao; Zhi-qiang, Liu y Xiang-yang, Qiu “Oxygen pressure leaching-flotation joint process for Jinbaoshan platinum group minerals”. Artículo Transaction of Nonferrous Metals Society of China Vol 29. 2019. pp 1090-1098. Recuperado en:

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S100363261965017X>
- Sjogreen, Carlos; Landínez, David; Rosas, Jaiver; Plazas, Paulo; Roa, Jairo, “Experimental study of nanobubbles in salt solutions”. Revista Acad. Colomb. Cienc. 2018. pp 41-48. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v42n162/0370-3908-racefn-42-162-00041.pdf>

 - Utani Walter, Welizvan Lupo “Recuperación del cobre por flotación de los minerales sulfurados del yacimiento sulfubamba-apurimac” Perú (2014). PP 171 Recuperado de: <http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/1020/253T20140061.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

 - Verduzco L.E., Oliva, J., Oliva A.I., Macias E., Garcia C.R., Herrera-Trejo M., Pariona N., Mtz-Enrique A.I. “Enhanced removal of arsenic and chromium contaminants from drinking water by electrodeposition technique using graphene composites” Mexico (2019). Recuperado de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S025405841930197X>

 - Villena Chávez “Calidad del agua y desarrollo sostenible” Perú (2018). Recuperado de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342018000200019

 - Yenial U. y Bulut G. “Examination of flotation behavior of metal ions for process water remediation” Artículo Journal of Molecular Liquids Vol 241. 2017. pp 130 - 135. Recuperado en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167732217311649>

- Yunfan Wang, Zuchao Pan, Ximei Luo, Wenqing Qin, Fen Jiao “Effect of nanobubbles on adsorption of sodium oleate on calcite Surface. *Revista Langmuir* (2019). pp 127-137.

Disponibile en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S08926875193001>

[47](#)

ANEXOS

ANEXO 1 (Declaración de autenticidad)

Nosotros Chipana Saavedra, Alberto Josue con DNI N° 48531844 y Runco Chavez, Christian Willians con DNI N° 76133861 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Valle

ANEXO 2

Tabla 6. Matriz de operacionalización de variables

Variables		Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
I N D E P E N D I E N T E	Micro-nano burbujas de aire y oxígeno.	Las micro-nanoburbujas son burbujas pequeñas de gas que se encuentra entre los 0.5um y los 10um en diámetro. Según "la flotabilidad de una de una nanoburbuja depende del volumen de aire contenido en ella esto hace que permanezca en el agua por un tiempo mayor"(Maccasi, 2017).	<ul style="list-style-type: none"> - Las micro-nanobubujas se generarán por medio de un motor y un tanque de oxígeno que irán conectados a la estructura del artefacto. - Las micro-nanoburbujas de aire, debido a las propiedades que contiene, removerán la concentración de metales - Disminuirá la concentración de metales en el relave. 	Propiedades físicas de las Micro-Nanoburbujas (Presión del gas)	Dimensión de la MNB	Razón
					Presión interna MNB (Pa)(Atm)(torr)	Razón
					Velocidad de ascenso de la MNB	De Intervalo
					Caudal (L/min)	
				Características y condiciones de generación y actuación.	Tiempo del Tratamiento (min)	Razón
						De Intervalo
Nominal						
D E P E	Remoción de metales pesados (Oro, Hierro, Cobre,	Los metales o metales pesados son elementos encontrados en la naturaleza; que tienen un peso molecular alto, que son transformados y utilizados. Siendo en su mayoría muy	<ul style="list-style-type: none"> - Se deberá tener a los metales pesados en un tamaño óptimo para su remoción. - Los metales pesados ingresarán en el instrumento 	Características Físicoquímicas Concentración de Metales.	Temperatura (C°)	Razón
					Turbidez NTU	Razón
					pH	De Intervalo
					Conductividad (mS/m)	Razón
					Solidos Totales (mg/L)	Razón

N D I E N T E	Manganeso, Zinc Cromo, Plomo).	útiles sin embargo desde el aspecto ambiental "son muy graves ya que pueden cambiar la alcalinidad del suelo si su concentración es alta, además de contaminar el suelo agua y los cultivos si su concentración es alta puede llegar a causar desertificación en la zona (Gastañaga 2014).	de remoción con una repetición de 3 veces y debido a su densidad se separarán.		Solidos Totales en suspensión (mg/L Oro, Hierro, Cobre, Manganeso, Zinc Cromo, Plomo.	Razón
--	--------------------------------	--	--	--	---	-------

Fuente: Elaboración propia


ANEXO 3

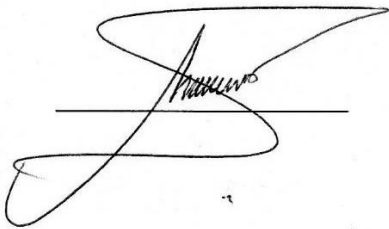
Tabla 7. Instrumento de recolección

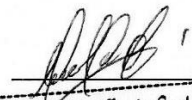
ETAPA	FUENTE	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS	RESULTADOS
Localización del Lugar de estudio.	Unidad minera de Pasco.	Observación.	Ficha de recolección de datos. (Anexo 1)	Lugar de estudio identificado.
Obtención de la muestra del efluente minero	Efluentes de la unidad minera de Pasco.	Observación.	Ficha de recolección de datos. (Anexo 1)	Recolección de 30 litros del efluente minero.
Análisis de la muestra del efluente minero antes de la aplicación del tratamiento.	Efluentes de la unidad minera de Pasco.	Observación.	Ficha de características físicos-químicos. (Anexo 3)	Parámetros fisicoquímicos del efluente.
Aplicación de tratamiento con micronanoburbujas de aire.	Efluentes de la unidad minera de Pasco.	Experimentación.	Ficha de propiedades físicas de las micronanoburbujas. (Anexo 4)	Generación y aplicación de la micronanoburbuja en el efluente minero.
Análisis de la muestra del efluente minero posterior al tratamiento	Laboratorio de la Universidad César Vallejo.	Observación.	Ficha de características físicos-químicos. (Anexo 3)	Verificación de la remoción: Hierro, Cobre, Manganeseo, Zinc Cromo, Plomo, Magnesio.
Interpretación y análisis de los datos.	Gabinete.	Análisis de resultados.	Ficha de características y condiciones de generación MNB. (Anexo 2)	Datos procesados e identificados.

Fuente: Elaboración propia.

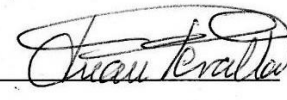
ANEXO 4

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS		 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Origen de la Fuente:	Punto de muestreo:	
Localidad:	Fecha y Hora de muestreo:	
Distrito:	Fecha y Hora de llegada Lab.:	
Provincia:	Cantidad de muestra: 30 L	
Departamento:	Muestreador:	
Preservada: SI _____ NO _____	Aguas: _____	
MAPA DE UBICACION		
LATITUD		Observaciones/Parámetros:
LONGITUD		
ALTURA		





Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP. 130267
 Investigador CONCYTEC: 17089



 CIP 56071

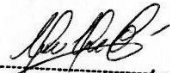
ANEXO 5

FICHA 1: CARACTERISTICAS Y CONDICIONES DE GENERACIÓN MNB

MUESTRA	AIRE			OXIGENO		
	CAUDAL (L/min)	PRESIÓN DEL GAS (PSI)	TIEMPO DEL TRATAMIENTO (min)	CAUDAL (L/min)	PRESIÓN DEL GAS (PSI)	TIEMPO DEL TRATAMIENTO (min)
AR1						
AR2						
AR3						
DR1						
DR2						
DR3						

A: Antes de la aplicación de la técnica.


D: Después de la aplicación de la técnica.



 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP. 130267
 Investigador CONCYTEC: 17089



 JUAN RECALZA
 CIP 56071



 JORGE JAVE
 CIP 43444


ANEXO 6

FICHA 2: CARACTERISTICAS FÍSICOS-QUÍMICOS

PERSONA ENCARGADA:												
DOSIS:		FECHA:			LUGAR:							
PARAMETROS	HORA	CARACTERISTICAS FÍSICOS-QUÍMICOS						CONCENTRACIÓN DE METALES				
		CONDUCTIVIDAD μS / cm	TEMPERATURA °C	TURBIDEZ NTU	pH	SST ml/L	ST mg/L	ORO Au	ZINC Zn	COBRE Cu	PLOMO PB	EFICIENCIA
AIRE	AR1											
	AR2											
	AR3											
	DR1											
	DR2											
	DR3											
OXIGENO	AR1											
	AR2											
	AR3											
	DR1											
	DR2											
	DR3											

A: Antes de la aplicación de la técnica.

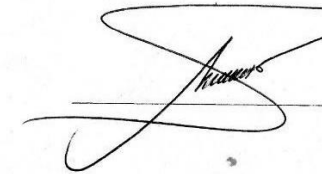
D: Después de la aplicación de la técnica.



Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP. 130267
 Investigador CONCYTEC: 17089



JUAN PERAZA
 CIP 56071




ANEXO

FICHA 3: PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS MICRO-NANOBURBUJAS (MNB)

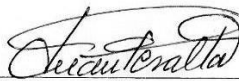
MUESTRA	AIRE			OXIGENO		
	DIÁMETRO DE LA MNB (um)	PRESIÓN INTERNA MNB (Pa)(atm)(torr)	VELOCIDAD DE ASCENSO DE LA MNB (cm/s)	DIÁMETRO DE LA MNB (um)	PRESIÓN INTERNA MNB (Pa)(atm)(torr)	VELOCIDAD DE ASCENSO DE LA MNB
AR1						
AR2						
AR3						
DR1						
DR2						
DR3						

A: Antes de la aplicación de la técnica.

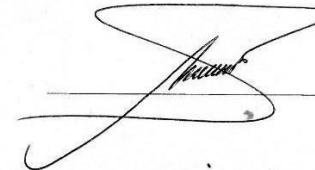
D: Después de la aplicación de la técnica.



Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP. 130267
 Investigador CONCYTEC: 17089



JUAN PEDRAZA
 CIP 56071



ANEXO 14 ANALISIS DE SGS



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2011598 Rev. 0

CHRISTIAN RUNCO CHAVEZ

MZ. LT 10 LOS ROBLES DE OQUENDO - CALLAO

ENV / LB-347002-002

PROCEDENCIA : AV. UNIVERSITARIA CON ALISOS

Fecha de Recepción SGS : 23-07-2020

Fecha de Ejecución : Del 23-07-2020 al 30-07-2020

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
M O
M1 BT - 10
M1 A6T-10

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 30/07/2020

Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Coordinador de Laboratorio



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2011598 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					MO	M1 BT - 10
FECHA DE MUESTREO					22/07/2020	22/07/2020
HORA DE MUESTREO					17:42:00	18:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.037 ± 0.010	0.640 ± 0.179
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	0.10800 ± 0.03024	0.10822 ± 0.03030
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.03222 ± 0.00677	0.02391 ± 0.00502
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0383 ± 0.0080	0.0479 ± 0.0101
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.365 ± 0.077	0.398 ± 0.084
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00082 ± 0.00019	0.00096 ± 0.00022
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	339.250 ± 86.205	332.703 ± 86.503
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0379 ± 0.0095	0.0388 ± 0.0097
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.01259 ± 0.00353	0.01360 ± 0.00381
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	2.57392 ± 0.64348	1.69263 ± 0.42316
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	0.0056 ± 0.0014
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	<0.00010	0.03131 ± 0.00595
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	1.1434 ± 0.2630	1.1584 ± 0.2664
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00019 ± 0.00003	0.00037 ± 0.00007
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0008 ± 0.0002	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0395 ± 0.0091	0.4223 ± 0.0971
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0441 ± 0.0115	0.0464 ± 0.0121
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	23.092 ± 5.773	23.504 ± 5.876
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.17822 ± 0.04812	0.18093 ± 0.04885
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.05515 ± 0.01268	0.05493 ± 0.01263
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0283 ± 0.0065	0.0445 ± 0.0102
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000229 ± 0.000053	0.000310 ± 0.000071
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0511 ± 0.0118	0.0340 ± 0.0078
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	28.01 ± 6.44	28.09 ± 6.46
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0667 ± 0.0140	0.0696 ± 0.0146
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.1090 ± 0.0251	0.1008 ± 0.0232
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	12.07 ± 2.78	13.56 ± 3.12
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	5.64 ± 1.30	6.34 ± 1.46
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	19.896 ± 4.178	21.751 ± 4.568
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00317 ± 0.00073	0.00300 ± 0.00069
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0019 ± 0.0004	0.0013 ± 0.0003
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.001404 ± 0.000295	0.001441 ± 0.000303
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0083 ± 0.0014	0.0080 ± 0.0014
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.1063 ± 0.0202	0.2736 ± 0.0520
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2011598 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					M1 A6T-10
FECHA DE MUESTREO					22/07/2020
HORA DE MUESTREO					18:00:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales					
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.130 ± 0.036
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	0.09723 ± 0.02722
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.02381 ± 0.00500
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0649 ± 0.0136
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.382 ± 0.080
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00092 ± 0.00021
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	308.285 ± 80.154
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0380 ± 0.0090
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.01208 ± 0.00338
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	1.75422 ± 0.43856
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0023 ± 0.0006
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.02734 ± 0.00519
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	1.0806 ± 0.2485
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00029 ± 0.00005
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.2415 ± 0.0555
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0430 ± 0.0112
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	21.869 ± 5.417
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.17719 ± 0.04784
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.05129 ± 0.01180
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0340 ± 0.0078
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000253 ± 0.000058
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0305 ± 0.0070
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	26.12 ± 6.01
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0645 ± 0.0135
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0934 ± 0.0215
Silíce Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	12.41 ± 2.85
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	5.80 ± 1.33
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	20.567 ± 4.319
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00278 ± 0.00064
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0008 ± 0.0002
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.001289 ± 0.000271
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0075 ± 0.0013
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.1722 ± 0.0327
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2011601 Rev. 0**

CHRISTIAN RUNCO CHAVEZ

MZ. LT 10 LOS ROBLES DE OQUENDO - CALLAO

ENV / LB-347002-004

PROCEDENCIA : AV. UNIVERSITARIA CON ALISOS

Fecha de Recepción SGS : 23-07-2020

Fecha de Ejecución : Del 23-07-2020 al 30-07-2020

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
M2B1T-15
M2 A6T-15

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 30/07/2020

Frank M. Julcamero Quispe

C.Q.P. 1033

Coordinador de Laboratorio



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N° LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2011601 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					M2B1T-15	M2 A6T-15
FECHA DE MUESTREO					22/07/2020	22/07/2020
HORA DE MUESTREO					18:05:00	18:05:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					INDUSTRIAL	INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.591 ± 0.165	0.199 ± 0.056
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	0.09578 ± 0.02682	0.10437 ± 0.02922
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.02203 ± 0.00463	0.02452 ± 0.00515
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0483 ± 0.0101	0.0440 ± 0.0092
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.382 ± 0.080	0.407 ± 0.085
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00090 ± 0.00021	0.00101 ± 0.00023
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	307.402 ± 79.925	334.930 ± 87.082
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0353 ± 0.0088	0.0381 ± 0.0095
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.01276 ± 0.00357	0.01340 ± 0.00375
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	1.57307 ± 0.39327	1.80315 ± 0.45079
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0097 ± 0.0024	<0.0003
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.02971 ± 0.00564	0.03014 ± 0.00573
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	1.0760 ± 0.2475	1.1422 ± 0.2627
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00025 ± 0.00005	0.00042 ± 0.00008
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0007 ± 0.0002	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.3323 ± 0.0764	0.2949 ± 0.0678
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0420 ± 0.0109	0.0462 ± 0.0120
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	21.819 ± 5.455	23.368 ± 5.842
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.17940 ± 0.04844	0.17954 ± 0.04848
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.05193 ± 0.01194	0.05449 ± 0.01253
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0370 ± 0.0085	0.0358 ± 0.0082
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000200 ± 0.000046	<0.000010
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0299 ± 0.0069	0.0312 ± 0.0072
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	25.66 ± 5.90	27.76 ± 6.38
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0642 ± 0.0135	0.0679 ± 0.0143
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0833 ± 0.0192	0.0990 ± 0.0228
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	12.46 * ± 2.87	13.85 * ± 3.19
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	5.82 ± 1.34	6.48 ± 1.49
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	21.023 ± 4.415	21.923 ± 4.604
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00287 ± 0.00066	0.00297 ± 0.00068
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
torio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0021 ± 0.0004	0.0010 ± 0.0002
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.001340 ± 0.000281	0.001413 ± 0.000297
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0077 ± 0.0013	0.0080 ± 0.0014
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.1744 ± 0.0331	0.1755 ± 0.0333
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2011601 Rev. 0**

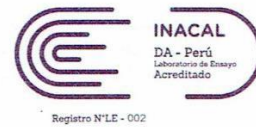
CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación
 MB: Blanco del proceso.
 LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
 MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
 MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
 Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	91 - 100%	101%	0%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0%	95 - 97%	96%	1%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	97 - 101%	99%	0%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1%	98 - 102%	101%	0%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	102 - 108%	103%	1%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	99 - 105%	106%	0%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	0%	100 - 109%	101%	0%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	104 - 106%	106%	1%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	7%	99 - 100%	100%	0%
Ceño Total	mg/L	0.00024	<0.00024	0%	102 - 123%	102%	1%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	101 - 102%	102%	1%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	93 - 95%	96%	1%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	99%	100%	0%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	95 - 96%	96%	1%
Estaño Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	101 - 109%	106%	0%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	7%	99 - 106%	99%	0%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	0%	100 - 102%	98%	0%
Galio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0%	101%	101%	1%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	99 - 103%	99%	1%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0%	101 - 103%	103%	1%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	7%	99 - 100%	98%	0%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	103 - 107%	107%	1%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	97 - 101%	94%	0%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	99 - 107%	108%	1%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	6%	99 - 100%	99%	0%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	2%	98 - 102%	101%	0%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	105 - 106%	109%	1%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	96 - 101%	94%	1%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	104 - 108%	107%	2%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	95 - 100%	100%	1%
Plata Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	100 - 101%	100%	0%
Piomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	103 - 106%	107%	0%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	3%	98 - 101%	98%	0%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	8%	103 - 105%	97%	1%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	97 - 100%	104%	5%
Silice Total	mg/L	0.27	<0.27	7%	108%	101%	0%
Silicio Total	mg/L	0.13	<0.13	7%	105 - 108%	101%	0%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	8%	99 - 101%	101%	0%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	101%	102%	1%
Tantalio Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	101%	101%	1%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	102 - 103%	103%	1%
Thorio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	97 - 101%	97%	1%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	97 - 103%	98%	1%
Uranio Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	91 - 98%	100%	0%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	96 - 97%	97%	1%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	99 - 101%	99%	1%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	101%	101%	1%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	2%	101 - 105%	107%	3%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	0%	101 - 102%	103%	1%



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2011599 Rev. 0**

CHRISTIAN RUNCO CHAVEZ

MZ. LT 10 LOS ROBLES DE OQUENDO - CALLAO

ENV / LB-347002-003

PROCEDENCIA : AV. UNIVERSITARIA CON ALISOS

Fecha de Recepción SGS : 23-07-2020

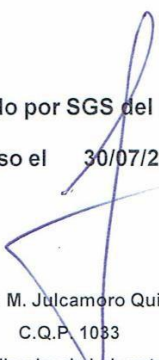
Fecha de Ejecución : Del 23-07-2020 al 30-07-2020

Muestreo Realizado Por : CLIENTE

Estación de Muestreo
M3B1T-20
M3A6T-20

Emitido por SGS del Perú S.A.C.

Impreso el 30/07/2020


Frank M. Julcamoro Quispe
C.Q.P. 1033
Coordinador de Laboratorio



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2011599 Rev. 0**

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRA					M3B1T-20	M3A6T-20
FECHA DE MUESTREO					22/07/2020	22/07/2020
HORA DE MUESTREO					18:10:00	18:10:00
CATEGORIA					AGUA RESIDUAL	AGUA RESIDUAL
SUB CATEGORIA					AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
Parámetro	Referencia	Unidad	LD	LC	Resultado ± Incertidumbre	Resultado ± Incertidumbre
Metales Totales						
Aluminio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	0.641 ± 0.179	0.182 ± 0.051
Antimonio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00013	0.10044 ± 0.02812	0.09948 ± 0.02785
Arsénico Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.02097 ± 0.00440	0.02064 ± 0.00433
Bario Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.1112 ± 0.0234	0.0646 ± 0.0136
Berilio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Bismuto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	<0.00003	<0.00003
Boro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.002	0.006	0.380 ± 0.080	0.400 ± 0.084
Cadmio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.00104 ± 0.00024	0.00092 ± 0.00021
Calcio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.003	0.009	309.740 ± 80.532	312.891 ± 81.352
Cerio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00008	0.00024	<0.00024	<0.00024
Cesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0364 ± 0.0091	0.0368 ± 0.0092
Cobalto Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00001	0.00003	0.01317 ± 0.00369	0.01268 ± 0.00355
Cobre Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	1.53738 ± 0.38435	1.61260 ± 0.40313
Cromo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0199 ± 0.0050	0.0026 ± 0.0007
Estaño Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.02905 ± 0.00552	0.02881 ± 0.00544
Estroncio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	1.1034 ± 0.2538	1.0840 ± 0.2493
Fósforo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.015	0.047	<0.047	<0.047
Galio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00004	0.00012	0.00034 ± 0.00006	0.00029 ± 0.00005
Germanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	<0.0006	<0.0006
Hafnio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00005	0.00015	<0.00015	<0.00015
Hierro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.3970 ± 0.0913	0.2612 ± 0.0601
Lantano Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Litio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	0.0434 ± 0.0113	0.0438 ± 0.0114
Lutecio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Magnesio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	21.844 ± 5.461	21.613 ± 5.403
Manganeso Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00010	0.16833 ± 0.04545	0.16773 ± 0.04529
Mercurio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00003	0.00009	<0.00009	<0.00009
Molibdeno Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.05249 ± 0.01207	0.05230 ± 0.01203
Niobio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0005	0.0015	<0.0015	<0.0015
Niquel Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0443 ± 0.0102	0.0330 ± 0.0076
Plata Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.000208 ± 0.000048	0.000221 ± 0.000051
Plomo Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0292 ± 0.0067	0.0278 ± 0.0064
Potasio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	25.90 ± 5.96	25.72 ± 5.92
Rubidio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0003	0.0009	0.0656 ± 0.0138	0.0648 ± 0.0136
Selenio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0004	0.0013	0.0936 ± 0.0215	0.0948 ± 0.0218
Silice Total	EW EPA200 8	mg/L	0.09	0.27	12.68 * ± 2.92	12.40 * ± 2.85
Silicio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.04	0.13	5.93 ± 1.36	5.80 ± 1.33
Sodio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.006	0.019	20.383 ± 4.280	20.444 ± 4.293
Talio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	0.00283 ± 0.00065	0.00284 ± 0.00065
Tantalio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0007	0.0021	<0.0021	<0.0021
Teluro Total	EW EPA200 8	mg/L	0.001	0.003	<0.003	<0.003
Thorio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00006	0.00019	<0.00019	<0.00019
Titanio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0010 ± 0.0002	0.0008 ± 0.0002
Uranio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.000003	0.000010	0.001340 ± 0.000281	0.001300 ± 0.000273
Vanadio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0001	0.0003	<0.0003	<0.0003
Wolframio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0002	0.0006	0.0075 ± 0.0013	0.0077 ± 0.0013
Yterbio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00002	0.00006	<0.00006	<0.00006
Zinc Total	EW EPA200 8	mg/L	0.0008	0.0026	0.1969 ± 0.0374	0.1698 ± 0.0323
Zirconio Total	EW EPA200 8	mg/L	0.00015	0.00045	<0.00045	<0.00045

Notas:

El reporte de tiempo se realiza en el sistema horario de 24 horas.

Las muestras recibidas cumplen con las condiciones necesarias para la realización de los análisis solicitados.

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL-DA.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



Registro N°LE - 002

**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2011599 Rev. 0**

CONTROL DE CALIDAD

LC: Limite de cuantificación
MB: Blanco del proceso.
LCS %Recovery: Porcentaje de recuperación del patrón de proceso.
MS %Recovery: Porcentaje de recuperación de la muestra adicionada.
MSD %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados de la muestra adicionada.
Dup %RPD: Diferencia Porcentual Relativa entre los duplicados del proceso.

Parámetro	Unidad	LC	MB	DUP %RPD	LCS %Recovery	MS %Recovery	MSD %RPD
Aluminio Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	91 - 100%	101%	0%
Antimonio Total	mg/L	0.00013	<0.00013	0%	95 - 97%	96%	1%
Arsénico Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	97 - 101%	99%	0%
Bario Total	mg/L	0.0003	<0.0003	1%	98 - 102%	101%	0%
Berilio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	102 - 108%	103%	1%
Bismuto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	99 - 105%	106%	0%
Boro Total	mg/L	0.006	<0.006	0%	100 - 109%	101%	0%
Cadmio Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	104 - 106%	108%	1%
Calcio Total	mg/L	0.009	<0.009	7%	99 - 100%	100%	0%
Cerio Total	mg/L	0.00024	<0.00024	0%	102 - 123%	102%	1%
Cesio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	101 - 102%	102%	1%
Cobalto Total	mg/L	0.00003	<0.00003	0%	93 - 95%	96%	1%
Cobre Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	99%	100%	0%
Cromo Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	95 - 96%	96%	1%
Estaño Total	mg/L	0.00010	<0.00010	0%	101 - 109%	106%	0%
Estroncio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	7%	99 - 106%	99%	0%
Fósforo Total	mg/L	0.047	<0.047	0%	100 - 102%	98%	0%
Galio Total	mg/L	0.00012	<0.00012	0%	101%	101%	1%
Germanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	99 - 103%	99%	1%
Hafnio Total	mg/L	0.00015	<0.00015	0%	101 - 103%	103%	1%
Hierro Total	mg/L	0.0013	<0.0013	7%	99 - 100%	98%	0%
Lantano Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	103 - 107%	107%	1%
Litio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	97 - 101%	94%	0%
Lutecio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	99 - 107%	108%	1%
Magnesio Total	mg/L	0.003	<0.003	6%	99 - 100%	99%	0%
Manganeso Total	mg/L	0.00010	<0.00010	2%	98 - 102%	101%	0%
Mercurio Total	mg/L	0.00009	<0.00009	0%	105 - 106%	109%	1%
Molibdeno Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	96 - 101%	94%	1%
Niobio Total	mg/L	0.0015	<0.0015	0%	104 - 108%	107%	2%
Niquel Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	95 - 100%	100%	1%
Plata Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	100 - 101%	100%	0%
Plomo Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	103 - 106%	107%	0%
Potasio Total	mg/L	0.13	<0.13	3%	98 - 101%	98%	0%
Rubidio Total	mg/L	0.0009	<0.0009	8%	103 - 105%	97%	1%
Selenio Total	mg/L	0.0013	<0.0013	0%	97 - 100%	104%	5%
Silice Total	mg/L	0.27	<0.27	7%	108%	101%	0%
Silicio Total	mg/L	0.13	<0.13	7%	105 - 108%	101%	0%
Sodio Total	mg/L	0.019	<0.019	8%	99 - 101%	101%	0%
Talio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	101%	102%	1%
Tantalio Total	mg/L	0.0021	<0.0021	0%	101%	101%	1%
Teluro Total	mg/L	0.003	<0.003	0%	102 - 103%	103%	1%
Thorio Total	mg/L	0.00019	<0.00019	0%	97 - 101%	97%	1%
Titanio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	97 - 103%	98%	1%
Uranio Total	mg/L	0.000010	<0.000010	0%	91 - 98%	100%	0%
Vanadio Total	mg/L	0.0003	<0.0003	0%	96 - 97%	97%	1%
Wolframio Total	mg/L	0.0006	<0.0006	0%	99 - 101%	99%	1%
Yterbio Total	mg/L	0.00006	<0.00006	0%	101%	101%	1%
Zinc Total	mg/L	0.0026	<0.0026	2%	101 - 105%	107%	3%
Zirconio Total	mg/L	0.00045	<0.00045	0%	101 - 102%	103%	1%



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N° LE - 002**



**INFORME DE ENSAYO CON VALOR OFICIAL
MA2011599 Rev. 0**

REFERENCIAS DE MÉTODOS DE ENSAYO

Referencia	Sede	Parámetro	Método de Ensayo
EW_EPA200_8	Callao	Metales Totales	EPA 200.8, Rev 5.4: 1994. Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry.

Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página <http://www.sgs.pe/es-ES/Terms-and-Conditions.aspx>. Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidas en dichas Condiciones Generales de Servicio, su alteración o su uso indebido constituye un delito contra la fé pública y se regula por las disposiciones civiles y penales de la materia, queda prohibida la reproducción parcial, salvo autorización escrita de SGS de Perú S.A.C.

Los resultados del informe de ensayo sólo son válidos para la(s) muestra(s) ensayada(s) y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.

Última Revisión Julio 2015



Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VALVERDE FLORES JHONNY WILFREDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, asesor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis titulada: "REMOCIÓN DE METALES PROVENIENTES DE UN RELAVE MINERO EN PASCO A TRAVÉS DE NANO BURBUJAS DE AIRE", del (los) autor (autores) CHIPANA SAAVEDRA ALBERTO JOSUE, RUNCO CHAVEZ CHRISTIAN WILLIAMS, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido 27 %, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

Lima, 29 de julio de 2020

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VALVERDE FLORES JHONNY WILFREDO DNI: 18120253 ORCID 0000-0003-2526-112X	Firmado digitalmente por: VALVERDE el 29 Jul 2020 21:03:17