

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental
Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Propuesta de diseño del sistema de tratamiento para
reusar aguas residuales industriales generadas por
la actividad minera en la Cantera Encanto Blanco,
Chongos Alto - 2021**

Karen Paola Aguilar Limache
Luis Angel Navarro Poma

Para optar el Título Profesional de
Ingeniera Ambiental
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Pablo César Espinoza Tumialán

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer al asesor designado por la Universidad Continental, que con su apoyo fue posible el desarrollo de la investigación. También agradecer a la empresa por la oportunidad de poder realizar la presente investigación en sus instalaciones, así mismo agradecer principalmente a Dios por un día más de vida y por la oportunidad de cumplir con un sueño anhelado.

DEDICATORIA

La presente tesis va dedicada con mucho aprecio para mis padres por apoyarme incondicionalmente, por su comprensión, amor y por inculcarme valores que son importantes para lograr con mis objetivos y sueños planteados.

Karen Aguilar.

A mis padres, familiares y profesores quienes me apoyaron e inculcaron a nunca darme por vencido con mis metas propuestas, así seguir adelante en mi vida académica y profesional.

Luis Navarro.

ÍNDICE

ASESOR	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.2. Formulación del problema	2
1.1.2.1. Problema general.....	2
1.1.2.2. Problemas específicos	3
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo general	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
1.3. Justificación e importancia.....	3
1.3.1. Justificación teórica	3
1.3.2. Justificación social	4
1.3.3. Justificación práctica:.....	4
1.3.4. Justificación metodológica.....	4
1.3.5. Justificación económica.....	4
1.3.6. Importancia.....	5
1.4. Hipótesis y descripción de las variables.....	5

1.4.1.	Hipótesis general.....	5
1.4.2.	Hipótesis específicas.....	5
1.4.3.	Descripción y operacionalización de las variables.....	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....		7
2.1.	Antecedentes del problema.....	7
2.1.1.	Antecedentes encontrados en artículos científicos.....	7
2.1.2.	Antecedentes encontrados en tesis.....	9
2.2.	Bases teóricas.....	10
2.2.1.	Generalidades de la cantera.....	10
2.2.1.1.	Ubicación y accesibilidad.....	10
2.2.1.2.	Accesibilidad.....	12
2.2.2.	Geología.....	12
2.2.2.1.	Geología regional.....	12
2.2.2.1.1.	Formación Condorsinga.....	12
2.2.2.1.2.	Formación Cercapuquio.....	13
2.2.2.1.3.	Glaciación.....	14
2.2.2.1.4.	Geología local.....	14
2.2.2.1.5.	Geología estructural.....	15
2.2.2.1.6.	Geología económica.....	15
2.2.3.	Método de explotación del yacimiento.....	16
2.2.3.1.	Ciclo de minado.....	16
2.2.3.1.1.	Desbroce.....	16
2.2.3.1.2.	Explotación.....	17
2.2.3.1.3.	Clasificación.....	17
2.2.3.1.4.	Acarreo y carguío.....	17
2.2.4.	Fundamentos teóricos de la investigación.....	18
2.2.4.1.	Ciclo del agua.....	18
2.2.4.2.	Contaminación del agua.....	19

2.2.4.2.1.	Contaminantes del agua	19
2.2.4.2.2.	Agua residual sin tratamiento	20
2.2.4.2.3.	Agua residual industrial	20
2.2.4.2.4.	Tratamiento convencional	21
2.2.4.2.5.	Tratamiento de las aguas residuales.....	21
2.2.5.	Fundamentos metodológicos de la investigación	22
2.2.5.1.	Floculación.....	22
2.2.5.2.	Prueba de jarras	23
2.2.6.	Base legal.....	23
2.3.	Definición de términos básicos	24
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....		26
3.1.	Método y alcance de la investigación	26
3.1.1.	Enfoque de la investigación	26
3.1.1.1.	Método general	26
3.1.2.	Alcance de la investigación.....	26
3.1.2.1.	Tipo de la investigación.....	27
3.1.2.2.	Nivel de la investigación.....	27
3.2.	Diseño de la investigación	27
3.3.	Población y muestra	27
3.3.1.	Población.....	27
3.3.2.	Muestra	27
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	28
3.4.1.1.	Procedimiento	28
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	29
3.5.	Técnicas de análisis y procesamiento de datos	29
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		31
4.1.	Resultados del tratamiento y análisis de la información	31

4.1.1.	Resultados de la muestra	31
4.1.2.	Resultados de sedimentación sin floculante	32
4.1.2.1.	Análisis del agua sedimentaria sin floculante	40
4.1.3.	Resultados de sedimentación con floculante	40
4.1.3.1.	Análisis del agua sedimentada con floculante	48
4.1.3.2.	Propuesta de diseño de pozas de sedimentación	49
4.1.3.3.	Datos	52
4.2.	Prueba de hipótesis	53
4.2.1.	Hipótesis general	53
4.2.2.	Hipótesis específica 1	53
4.2.3.	Hipótesis específica 2	59
4.3.	Discusión de resultados.....	59
CONCLUSIONES		61
RECOMENDACIONES		62
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		63
ANEXOS		65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación.....	11
Figura 2. Plano geológico.	13
Figura 3. Ciclo del agua.	18
Figura 4. Mecanismo de aglomeración de partículas empleando floclulantes.	23
Figura 5. Cuadro que muestra los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero - metalúrgicas.	24
Figura 6. Gráfico de la sedimentación sin floclulante (promedio).	39
Figura 7. Gráfico de la sedimentación con floclulante (promedio).	48
Figura 8. Diseño de sedimentadores.	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables.	6
Tabla 2. Coordenadas de la cantera Encanto Blanco.	11
Tabla 3. Acceso de Lima a la cantera.	12
Tabla 4. Resultados del análisis de muestra de la cantera Encanto Blanco.	32
Tabla 5. Resultados de la primera prueba sin floculante.	32
Tabla 6. Prueba de jarras - Muestra 1.	33
Tabla 7. Resultados de la segunda prueba sin floculante.	34
Tabla 8. Prueba de jarras - Muestra 2.	35
Tabla 9. Resultados de la tercera prueba sin floculante.	36
Tabla 10. Prueba de jarras - Muestra 3.	37
Tabla 11. Resultado del promedio de la sedimentación sin floculante.	39
Tabla 12. Resultados del análisis de agua del laboratorio.	40
Tabla 13. Resultados de la primera prueba con floculante.	40
Tabla 14. Prueba de jarras con floculante - Muestra 1.	41
Tabla 15. Resultado de la segunda prueba con floculante.	43
Tabla 16. Prueba de jarras con floculante - Muestra 2.	43
Tabla 17. Resultado de la tercera prueba con floculante.	45
Tabla 18. Prueba de jarras con floculante - Muestra 3.	46
Tabla 19. Resultado del promedio de la sedimentación con floculante.	47
Tabla 20. Resultados del análisis de agua con floculante del laboratorio.	48
Tabla 21. Datos de la cantidad de agua para el proceso según la temporada.	52
Tabla 22. Prueba de normalidad para la prueba 1.	54
Tabla 23. Estadísticos de prueba (1).	54
Tabla 24. Prueba de normalidad para la prueba 2.	55
Tabla 25. Estadísticos de prueba (2).	56
Tabla 26. Prueba de normalidad para la prueba 3.	57
Tabla 27. Estadísticos de prueba (3).	57
Tabla 28. Prueba de normalidad para el total de datos.	58
Tabla 29. Estadísticos de prueba (promedio).	59

RESUMEN

El presente trabajo de investigación denominado "Propuesta para el diseño de un sistema de tratamiento para la reutilización de las aguas residuales industriales generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021" tuvo como problema general: "¿cuál es la influencia del diseño de un sistema de tratamiento para reusar aguas residuales industriales generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021?"; su objetivo general fue "determinar la influencia de un diseño sistema de tratamiento para la reusar aguas residuales industriales generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021", planteando la siguiente hipótesis general: "el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales industriales afecta positivamente en el reúso de agua de la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021". Para obtener los resultados de la investigación se inició con una muestra representativa de un 1 litro de agua residual industrial no metálica, que nos sirvió como prueba testigo para realizar las comparaciones con los resultados de la prueba de jarras, muestra que fue extraída sistemáticamente del área de lavado de minerales de la cantera Encanto Blanco en el año 2021.

El método de investigación fue el método científico, de tipo experimental - aplicativo, de nivel explicativo, de diseño experimental - aplicativo y la población fue el agua residual industrial generada en el área de lavado de mineral de la cantera Encanto Blanco en 2021 y la muestra representativa fue un 1 litro de aguas residuales industriales captados sistemáticamente en el área de lavado de mineral de la cantera Encanto Blanco en 2021.

La investigación concluye que la aplicación de 5 ml de floculante preparado es eficiente a nivel de laboratorio en un tiempo de 20 minutos para un litro de muestra, ya que el resultado obtenido fue de 50.17 mg/L y este se encuentra dentro de los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes de actividades - minero metalúrgicas dadas por el D.S N°010-2010-MINAM para así concluir que éste podría replicarse a escala real.

Palabras clave: aguas residuales industriales, floculante, prueba de jarras, sedimentación.

ABSTRACT

The present research work called "Proposal for the design of a treatment system for the reuse of industrial wastewater generated by mining activity in the Encanto Blanco quarry, Chongos Alto - 2021" had as a general problem: "what is the influence of the design of a treatment system to reuse industrial wastewater generated by mining activity in the Encanto Blanco quarry, Chongos Alto - 2021?"; its general objective was "to determine the influence of a treatment system design for the reuse of industrial wastewater generated by mining activity in the Encanto Blanco quarry, Chongos Alto - 2021", proposing the following general hypothesis: "the design of a treatment system treatment of industrial wastewater positively affects the reuse of water from mining activity in the Encanto Blanco quarry, Chongos Alto - 2021". To obtain the results of the investigation, it began with a representative sample of 1 liter of non-metallic industrial wastewater, which served as a control test to make comparisons with the results of the jar test, a sample that was systematically extracted from the area. washing of minerals from the Encanto Blanco quarry in 2021.

The research method was the scientific method, experimental type - application, explanatory level, experimental design - application and the population was the industrial wastewater generated in the ore washing area of the Encanto Blanco quarry in 2021 and the sample representative was 1 liter of industrial wastewater systematically collected in the ore washing area of the Encanto Blanco quarry in 2021.

The investigation concludes that the application of 5 ml of prepared flocculant is efficient at the laboratory level in a time of 20 minutes for a liter of sample, since the result obtained was 50.17 mg/L and this is within the Maximum Limits Permissible for the discharge of effluents from mining and metallurgical activities given by Supreme Decree N° 010-2010-MINAM in order to conclude that it could be replicated on a real scale.

Keywords: industrial wastewater, flocculant, jar test, sedimentation.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se desarrolla en la cantera Encanto Blanco, que se dedica a la extracción de mineral no metálico a través de su ciclo de minado (perforación, voladura, carguío y acarreo), para después realizar la selección de calcita (pallaqueo) y lavado de mineral mediante botellas de presión contenidas de agua que funcionan con aire comprimido, así separando el mineral de impurezas (tierra, arcilla, caliza), en el que se utiliza 8 m³ diarios de agua, para ello se tiene como propuesta el diseño del sistema de tratamiento para reusar aguas residuales industriales generadas por la actividad minera no metálica “Encanto Blanco”. Esta propuesta tiene como objetivo recircular el agua residual generada por la actividad minera no metálica para el proceso del lavado de mineral, la cual se realizará mediante la aplicación de un floculante para incrementar la rapidez de sedimentación de los sólidos suspendidos, cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM (Anexo 1), así también se disminuirá el uso del agua del río Canipaco que se encuentra a una distancia de 4 km del campamento.

Se realizó la toma de muestra del agua residual del proceso de lavado del mineral para caracterizar las muestras mediante la prueba de jarras y verificar el cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles, según el Decreto Supremo N° 010-2010 MINAM. Para lograr los objetivos planteados en la presente investigación, se desarrollaron los siguientes capítulos que abordaron los siguientes temas:

El Capítulo I se enfoca en la descripción del planteamiento del estudio y la formulación del problema, los objetivos y la justificación del estudio.

El Capítulo II presenta el marco teórico, los antecedentes, bases teóricas y la definición de términos.

El Capítulo III desarrolla la metodología, el diseño de investigación, la población, muestra y criterios de validez y confiabilidad.

El Capítulo IV describe el análisis y discusión de resultados.

Finalmente, se presenta las conclusiones y referencias bibliográficas del estudio en general.

Los autores.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

“El uso del agua ha venido aumentando en 1 % anualmente en todo el mundo desde los años 80 del siglo pasado, impulsado por una combinación de aumento de población, desarrollo socioeconómico y cambio en los modelos de consumo. La demanda mundial de agua se espera que siga aumentando a un ritmo parecido hasta el 2050, lo que representa un 20 al 30 % por encima del nivel actual del uso del agua, debido principalmente al aumento de la demanda en los sectores industrial y doméstico” (1 pág. 1).

Las actividades humanas que utilizan el recurso hídrico “generan aguas residuales. A medida que crece la demanda, el volumen de aguas residuales generadas y su nivel de contaminación se encuentra en constante aumento en el mundo” (2), excepto los países más desarrollados, ya que la mayor parte de las aguas residuales se vierte directamente al medio ambiente sin un tratamiento adecuado; las aguas residuales “son un elemento clave de la gestión del ciclo del agua, por lo general el agua que fue utilizada se considera como una carga que tiene que ser eliminada o una molestia a ser ignorada, pero si se sigue ignorando el tema de las aguas residuales como problema social y medioambiental

ponemos en peligro los otros esfuerzos para el desarrollo sostenible” (2 pág. 1). En América latina solo se trata el 20 % de las aguas residuales municipales e industriales (2).

La Compañía Minera Agregados Calcáreos S.A. (COMACSA) realiza trabajos de exploración y explotación de mineral no metálico en la cantera Encanto Blanco, los trabajos que se realizan para la obtención del mineral no metálico son: preparación de labor, perforación, voladura, carguío y acarreo, separación de material fino, grueso y lavado del mineral no metálico.

Las actividades de preparación de labor iniciaron con la ubicación del lugar a perforar para luego realizar los trabajos de voladura y fragmentación de la roca, el material fragmentado podrá ser trasladado a la cancha de pallaqueo para proceder con su selección y lavado de mineral, el agua utilizada para este proceso se filtra entre las grietas de las rocas existiendo la posibilidad de estar conectadas al “río Canipaco” (3 pág. 28).

La actividad minera no metálica que se realiza en la cantera “Encanto Blanco” consume el 8 m³/día en épocas de estío siendo los meses de abril a noviembre en los que se tiene la dificultad ya que el abastecimiento de agua se realiza a través de cisternas debido a que el río más cercano se encuentra ubicado a 4 km de la cantera.

El agua residual se recirculará en la cantera Encanto Blanco, por lo que no tendrá que superar los Límites Máximos Permisibles establecidos.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cuál es la influencia del diseño de un sistema de tratamiento para reusar aguas residuales industriales generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la influencia de la aplicación del floculante en el sistema de tratamiento para reusar aguas residuales industriales generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021?
- ¿Cuál es la influencia del reúso de aguas industriales generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia del diseño de un sistema de tratamiento para reusar aguas residuales industriales generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar cómo influye de la aplicación del floculante en un sistema de tratamiento para el reúso de aguas residuales industriales generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021.
- Determinar cómo influye del reúso en las aguas residuales industriales generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación teórica

Esta investigación servirá como antecedente para el desarrollo de investigaciones relacionadas al diseño de un sistema de tratamiento para el reúso aguas residuales industriales generadas por actividades mineras no metálicas.

1.3.2. Justificación social

La investigación busca una solución para evitar la captación de agua superficial del río Canipaco y así beneficiar a las comunidades aledañas que utilizan este recurso hídrico, evitando posibles conflictos.

1.3.3. Justificación práctica:

La presente investigación busca reducir los altos niveles de sólidos suspendidos que contienen las aguas residuales industriales de la cantera mediante un sistema de tratamiento para el reúso de éstas, debido a que no cumple con los Límites Máximos Permisibles para la descarga de Efluentes Líquidos Minero - Metalúrgica. Así también, se espera que los resultados sean positivos, para que la presente propuesta se pueda aplicar en la cantera Encanto Blanco, beneficiando también a la población y al medio ambiente.

1.3.4. Justificación metodológica

La presente investigación tiene como metodología la observación, recolección, análisis de datos y para medir los resultados se empleó la prueba de jarras; esto permitió verificar la prueba de hipótesis y aportar a la resolución del problema práctico del cual trata la investigación.

1.3.5. Justificación económica

Mediante la presente investigación se optimizará la producción ya que no habrá desabastecimiento de agua, por lo que no se utilizará maquinarias para la captación de agua reduciendo gastos para la operación.

1.3.6. Importancia

La importancia de la presente investigación es que el sistema propuesto eliminará el impacto ambiental en el agua cumpliendo con los límites máximos permisibles para la conservación del ambiente acuático y brinda la posibilidad de la reutilización del agua preservando el río Canipaco en beneficio de las comunidades aledañas, además la aplicación del sistema de tratamiento contribuirá económicamente con la empresa y optimizará el consumo de agua.

1.4. Hipótesis y descripción de las variables

1.4.1. Hipótesis general

El diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales industriales afecta positivamente el reúso de agua de la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021.

1.4.2. Hipótesis específicas

- El floculante influye positivamente en la calidad del agua residual industrial generada por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021.
- El reúso de agua tratada influye favorablemente a la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021.

1.4.3. Descripción y operacionalización de las variables

- Variable dependiente: reúso de aguas residuales industriales.
- Variable independiente: diseño de un sistema de tratamiento.

Tabla 1. *Operacionalización de las variables.*

Variables	Marco conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidades
V.I.: reúso de aguas residuales industriales	“Se define como el aprovechamiento de las aguas residuales tratadas en actividad diferente a la que se originó, y se ha clasificado de acuerdo con el uso o sector donde se establece su aprovechamiento: urbano, industrial, agrícola, usos urbanos no potables, recargas de aguas subterráneas, recreativos, piscicultura y usos potables” (4 pág. 3).	Clarificación del agua según las características.	*Cantidad de floculante. *Sólidos suspendidos.	*g. *mg/L
V.D.: diseño de un sistema de tratamiento	“Es el proceso de conjuntos integrados de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, que se utilizan con la finalidad de depurar las aguas residuales hasta un nivel tal que permita alcanzar la calidad requerida para su disposición final o su aprovechamiento mediante el reúso” (5 pág. 20).	Proceso de conjuntos integrados.	*Flujo de agua. *Volumen. *Altura.	*l/s *m ³ *m

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos

En el artículo científico titulado “Evaluación de la eficiencia de los procesos de coagulación - floculación y ozonización a escala de laboratorio en el tratamiento de aguas residuales municipales” (6) se tuvo por objetivo la “evaluación a escala de laboratorio de la eficiencia de dos procesos de tratamiento de aguas residuales municipales coagulación - floculación y ozonización” utilizando la siguiente metodología: al realizar la combinación de cada uno de estos procesos se obtendría “aguas con características físico químicas y microbiológicas, obteniendo un vertimiento seguro o su reúso de dichas aguas” (6). Para el proceso de floculación se utilizó un polímero catiónico comercial en dosis de 0.5 mg/L, llegando a los siguientes resultados por cada proceso realizado:

- Proceso de coagulación - floculación: se realizó la prueba de jarras adicionándose sulfato de aluminio como coagulante, también se añadió 0.5 mg/L de floculante (polímero catiónico comercial Prosifloc C-24124).
- Proceso de ozonización: “se utilizó un ozonizador en una columna de burbujeo de un litro y diámetro de 4 cm con un difusor poroso en su parte inferior, se aplicó un flujo de gas de 10L/h”. (6)

De igual modo, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Los procesos de coagulación - floculación y ozonización pueden ser empleados para obtener una mejor calidad de aguas residuales para su vertimiento.
- El proceso más eficiente es el de coagulación-floculación seguidos de la ozonización ya que se pudo obtener una remoción superior al 90 %.

En el artículo científico titulado “Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales” (7) se tuvo como objetivo “encontrar la dosis ideal para el proceso unitario que produzca la mejor calidad de agua posible a los menores costos” utilizando la metodología de ensayos de jarras donde se emplearon coagulantes y/o floculantes en cada jarra, para que a través de estos se alcance a disminuir los sólidos totales en suspensión y materias orgánicas. Se llegó a los siguientes resultados al realizar su procedimiento: al tomar cada muestra, ésta debe de usarse tal y como se tomó la muestra sin alterar ninguna de éstas, después de ello, “colocar 1 litro de muestra en cada probeta y posterior a ello se adiciona el coagulante (sal de hierro, sal de aluminio o coagulante natural) y floculante (polímero catiónico o aniónico) para alcanzar a extraer la muestra clarificada de cada una de las probetas y finalmente realizar la medición de parámetros. Finalmente, se llegaron a las siguientes conclusiones” (7):

- La prueba de jarras es un importante proceso en el tratamiento de aguas residuales ya que mediante la observación podemos apreciar la sedimentación al adicionar el coagulante - floculante utilizado y así poder obtener un parámetro que se encuentre dentro los rangos establecidos en el D.S. 010-2010-MINAM.
- Es importante que se pueda variar las cantidades de coagulante - floculante para evitar que las muestras se saturen.
- Se recomienda utilizar una muestra de 20 litros de agua residual industrial para tener suficiente muestra para el desarrollo correcto de las pruebas de jarras.

2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis

En la tesis titulada “Simulación mediante GPS-X del proceso de acondicionamiento de aguas residuales procedentes de actividades mineras para su reutilización en el propio sistema” (8) se tuvo por objetivo “diseñar una estación de depuración de las aguas contaminadas mediante un programa informático GPS-X y posteriormente estudiar la viabilidad, tanto económica como técnica”, estableciendo un método de “depuración de aguas residuales y su posterior reutilización en el sistema de granito” (8), llegando a las siguientes conclusiones:

- “La utilización conjunta de equipos de desarenado como técnica de pretratamiento y procesos de coagulación y floculación con un proceso de sedimentación como el tratamiento primario, ha demostrado su eficacia en la reducción del contenido en sólidos suspendidos” (8).
- Los ensayos realizados en laboratorio fueron fundamentales para obtener las dosis y el tipo de coagulante y floculante adecuado a utilizar.
- La planta de tratamiento creada por el programa GPS-X para el tratamiento de aguas residuales es con el fin de recircular el agua para el tratamiento del granito.
- El sistema de tratamiento utilizado es totalmente necesario ya que servirá para eliminar distintas cargas contaminantes presentes en el agua y así de este modo recircular el agua a la planta de forma segura para evitar la contaminación del área de trabajo.

En la tesis titulada “Optimización del sistema de bombeo y manejo de las aguas residuales producto de la explotación minera en la mina de carbón San Fernando, operada por carbones San Fernando SAS, vereda paso nivel, Amaga - Antioquía” (9) se tuvo como objetivo “optimizar el sistema de bombeo y proponer una solución al manejo de las aguas residuales de la mina de Carbón San Fernando, Amaga - Antioquía,” estableciendo un método de “un plan de manejo ambiental para la disposición final de las aguas residuales” (9), llegando a las siguientes conclusiones:

- El origen de la infiltración se debe a los fracturamientos de distintas zonas y estas están expuestas por las actividades mineras y se evidencia caída de aguas en los techos y brotes desde el suelo de las labores.
- La planta de tratamiento es óptima para el tratamiento de aguas residuales ya que permite tener aguas residuales con calidad de vertimiento.
- La implementación de una planta de tratamiento tiene un beneficio económico a largo plazo ya que esto viabiliza la inversión a mediano y largo plazo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Generalidades de la cantera

2.2.1.1. Ubicación y accesibilidad

La cantera Encanto Blanco se encuentra ubicada políticamente en el distrito de Chongos Alto, provincia de Huancayo y departamento de Junín a una altitud comprendida entre los 4 400 - 4 500 msnm. Se encuentra aproximadamente a 401 km desde la ciudad de Lima y desde la ciudad de Huancayo a 96 km en línea recta al sureste.

La cantera Encanto Blanco se encuentra a los 4 500 msnm en la coordenada UTM PSAD-56 (tabla 2).

La cantera encanto Blanco es un yacimiento no metálico que produce el mineral llamado calcita. Las principales labores son: E2, M6, M4 las cuales se limitan a los 4 500 msnm.

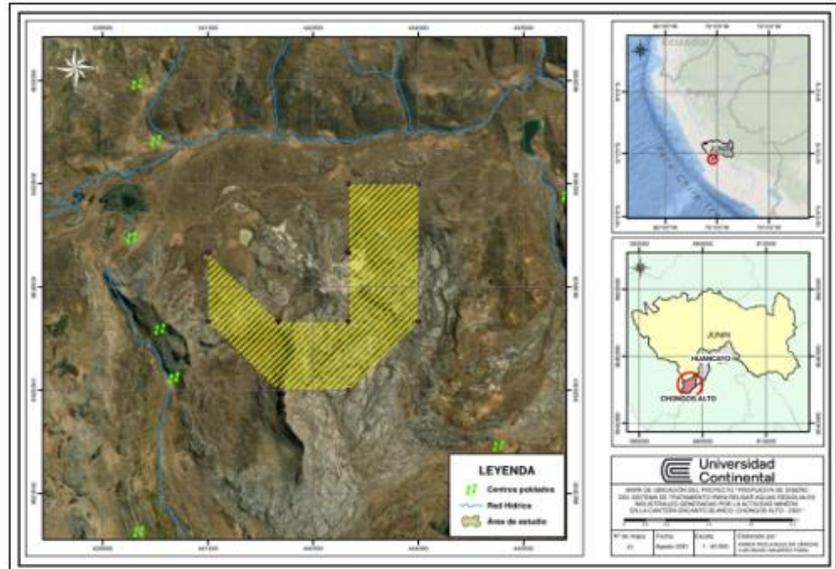


Figura 1. Mapa de ubicación.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Coordenadas de la cantera Encanto Blanco.

Coordenadas UTM PSAD - 56 cantera Encanto Blanco		
Vértice	Este	Norte
V1	444 000.00	8 628 000.00
V2	444 000.00	8 626 000.00
V3	443 000.00	8 628 000.00
V4	443 000.00	8 625 000.00
V5	442 000.00	8 625 000.00
V6	442 000.00	8 626 000.00
V7	441 000.00	8 628 000.00
V8	441 000.00	8 627 000.00
V9	443 000.00	8 627 000.00
V10	443 000.00	8 628 000.00

Fuente: elaboración propia.

2.2.1.2. Accesibilidad

El acceso a la cantera Encanto Blanco se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Lima, es relativamente fácil a través de la carretera central y una trocha carrozable, Lima - Huancayo - Vista Alegre - cantera con un recorrido total de 401 km.

Tabla 3. *Acceso de Lima a la cantera.*

Ruta	Distancia (km)	Tipo de vía
Lima - La Oroya	181	Asfaltado
La Oroya - Huancayo	124	Asfaltado
Huancayo - Vista Alegre	46	Trocha carrozable
Vista Alegre - cantera	50	Trocha carrozable
TOTAL	401	-

Fuente: elaboración propia.

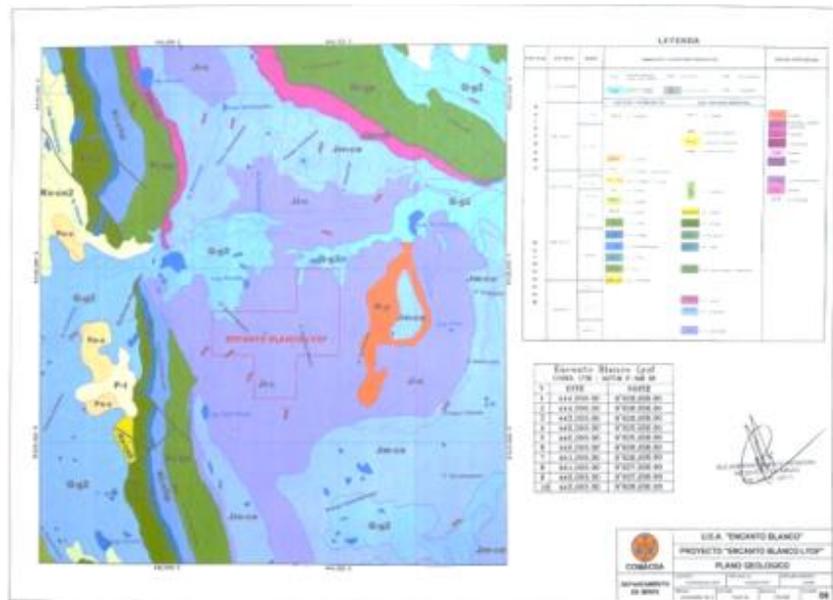
2.2.2. Geología

2.2.2.1. Geología regional

2.2.2.1.1. Formación Condorsinga

La formación condorsinga “tiene una potencia que varía entre 500 m y 1500 m. Consiste en calizas en bancos regulares cuyo grosor vario comúnmente entre 0.2 y 1 m pudiendo llegar excepcionalmente a 3 m en su parte media y superior; también hay dolomitas y las lutitas son escasas; los cherts están comunes en la parte inferior, donde pueden formar lechos continuos, o concreciones cuya frecuencia decrece cuando se sube la secuencia” (10 pág.62).

Las calizas comúnmente contienen oolitos y pellets cementadas por micrita. Los bioclastos son frecuentes y son núcleos están formados por restos de crinoideos y pelecípodo. En alguna arena de grano grueso frecuentes en la parte alta se nota estratificación oblicua y ondulaciones de olas (10 pág. 62).



sino algo de oxidación, sin embargo, ocurre un cambio de fácil a brusco de una plataforma carbonatada marina a una zona de sedimentación fluvial en medio continental que se supone una laguna de sedimentación de una cierta duración (10 pág. 63).

2.2.2.1.3. Glaciación

Durante la glaciación g2 (Pleistoceno entre 24 000 y 12 000 años), se dieron núcleos de sedimentos del lago de Junín, evidenciando datos en varios niveles por el método C14 (carbono-14), además de estudiar los diagramas Pólenes.

Se concluye que la última gran fase glacial o fase Runrún entre 12 000 y 24 000 años atrás, lo cual corresponde a la glaciación Pinedales/Wisconsin tardío de Norteamérica y que a ella se deben los arcos morrenicos g2 bien desarrollados alrededor del lago de Junín.

La región entre g2 y las terrazas fluviales no son fácil de establecer, sin embargo, haberlo hecho en el valle del río Cochas - Pachaca, en cuya parte media, entre la hacienda Cochas y la confluencia con el río Pinascocha, se puede observar como el cono fluvio-glacial construido a partir de las morrenas g2 que pasa progresivamente a una terraza que la consideramos como t2 (10 pág. 63).

2.2.2.1.4. Geología local

Rocas sedimentarias conforman el área de estudio como las calizas que comúnmente contienen oolitos

y pellets cementados por micrita se cargan progresivamente de diminutivos granos de cuarzo que pueden constituir hasta 20 % de la roca al tope de formación. Los bioclastos son frecuentemente y sus núcleos están formados por restos de crinoideos y pelecípodos. En algunos oblicua y ondulaciones de olas.

También se ven como relleno de fracturas mineral de calcita que tiene promedio una orientación NS y NE con potencias que varían desde 0.50 m hasta 10 m como roca encajonante tenemos caliza que ya fue descrita anteriormente.

La calcita tiene color blanco con ligera tonalidad cremosa y entre la estructura de esta se puede ver fragmentada de caliza (10 pág. 64).

2.2.2.1.5. Geología estructural

En la cordillera occidental, las estructuras de la fase incaica se observan en forma privilegiada en la cuenca alta del río Cañete y de sus afluentes como el río Canipaco, que presenta cortes verticales que a menudo sobrepasan 1 000 m, así como en los picos y nevados que alcanzan alturas superiores a 5 000 m (10 pág. 64).

Siguiendo la carretera Lima - Yauyos - Huancayo, entre el caserío Magdalena (desvió Yauyos) y Chaucha, se puede observar un perfil casi continuo de las estructuras que afectan el Cretáceo y las capas rojas de Casapalca (10 pág. 64).

2.2.2.1.6. Geología económica

La minería no metálica en el área de estudio constituye una actividad económica importante en la economía de la región. Mayormente está relacionada con la explotación de caliza carbón y rocas ornamentales (mármol y travertinos).

Pese a su antigüedad de la actividad no metálica, la explotación en la gran mayoría de canteras es de forma artesanal, escasamente mecanizada igualmente en su tratamiento, buena parte de las canteras en actividad se trabajan esporádicamente solo cuando hay requerimientos de dicha materia prima.

El potencial de los recursos no metálicos en la región es grande, se requiere realizar estudios específicos para evaluarlos e incrementar su utilización industrial (10 pág. 64).

2.2.3. Método de explotación del yacimiento

El método de bancos sirve para la explotación a cielo abierto (cantera), realizando operaciones de perforación y voladura, mano de obra y maquinaria pesada; la maquinaria pesada se utiliza a diario después de cada voladura de banco.

2.2.3.1. Ciclo de minado

2.2.3.1.1. Desbroce

El material sin valor económico (caliza y calcita alterada), cubren los cuerpos de material económico, dicho material será retirado a una cancha o botadero

de desmonte temporalmente ubicado cerca de las labores.

Para la extracción del material de desbroce se usa la perforación y voladura debido a que el material de desbroce es generalmente compacto y/o competente.

2.2.3.1.2. Explotación

El material económico será explotado a cielo abierto (cantera en forma de callejón) mediante bancos de altura de 10 m con un máximo de 2 bancos (20 m de altura total de la cantera).

El material extraído será almacenado temporalmente en la cancha correspondiente para luego ser transportado a la ciudad de Lima para su beneficio.

2.2.3.1.3. Clasificación

El material económico extraído (calcita) será transportado a través de maquinaria (volquetes), hasta una cancha de mineral donde será clasificado (pallaqueo) de acuerdo con los requerimientos del mercado, para luego ser transportados a la ciudad de Lima para su beneficio y comercialización.

2.2.3.1.4. Acarreo y carguío

El material económico (calcita) es acarreado y transportado mediante volquetes de las distintas labores a las canchas de almacenamiento.

El material estéril es transportado por maquinaria (volquetes) a una cancha temporal de almacenamiento, al cabo de la saturación de la cancha temporal este es acarreado a la cancha de desmonte.

El transporte los realiza camiones de camiones (semi trailer) de hasta 30 toneladas de capacidad, desde la cantera a la planta de la ciudad de Lima para su beneficio y comercialización.

2.2.4. Fundamentos teóricos de la investigación

2.2.4.1. Ciclo del agua

El 97 % del agua se evidencia en la en los océanos y el 3 % está contenido en los glaciares, aguas superficiales, atmósfera y subterráneamente. Dicho elemento no se mantiene estático, existe un flujo correspondiente el cual depende de varios factores como el clima, la acción del hombre, etc. “El ciclo del agua tiene procesos como la evaporación, precipitación, condensación, infiltración, escorrentía” (11 pág. 18).

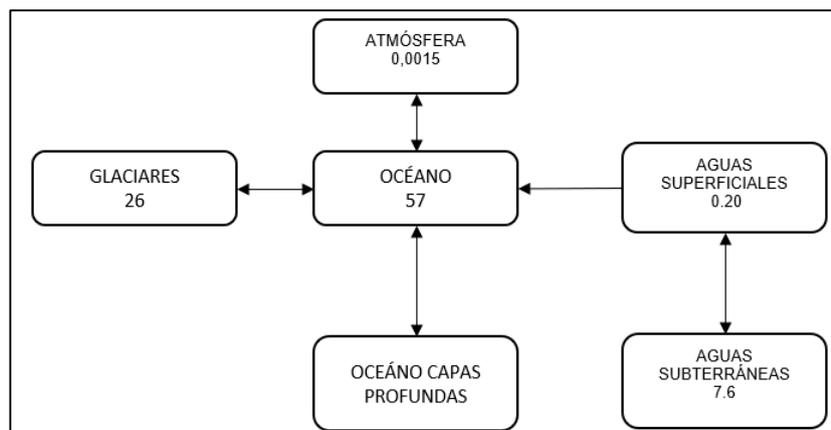


Figura 3. Ciclo del agua.

Fuente: elaboración propia.

2.2.4.2. Contaminación del agua

El 80 % de las poblaciones latinoamericanas viven en ciudades y una gran proporción en asentamientos próximos a fuentes contaminadas; así también, el 70 % de las aguas residuales de la región latinoamericana no son tratadas. El agua es extraída, usada y devuelta completamente a los ríos (12 pág. 12).

2.2.4.2.1. Contaminantes del agua

- a. Sólidos disueltos: “es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, terminada por la evaporación de un volumen de agua previamente filtrada. corresponde al residuo seco con filtración previa. El origen de los sólidos disueltos puede ser múltiple, orgánico e inorgánico, tanto en aguas subterráneas como superficiales, aunque para las aguas potables se indica un valor máximo deseables de 500 ppm, el valor de los sólidos disueltos no es por sí solo suficiente para determinar la bondad del agua. En los usos industriales la concentración elevada de solidos disueltos puede ser un inconveniente por la posible interferencia en procesos de fabricación, o como causa de espuma en calderas” (13 pág. 15).
- b. Sólidos en suspensión: “es una medida de los sólidos sedimentables (no disueltos) que pueden ser retenidos en un filtro. Se pueden determinar pesando el residuo que queda en el filtro, después del secado. Son indeseables en las aguas de proceso por pueden causar depósitos en las conducciones, calderas,

equipos, etc. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1 ppm, pero en las superficiales varía mucho en función del origen y las circunstancias de captación. Se separan por filtración y captación” (13 pág. 15).

- c. Sólidos totales: “son la suma de sólidos disueltos y sólidos en suspensión” (13 pág. 15).

2.2.4.2.2. Agua residual sin tratamiento

Las zonas con inadecuado abastecimiento de agua sufren por lo general de enfermedades, por lo que el tratamiento de aguas residuales requiere del diseño de políticas de saneamiento ambiental, más aun teniendo en cuenta que en las ciudades, se generan aguas residuales originada por uso doméstico, uso industrial y uso residual agrícola para lo cual se requieren sistemas de tratamiento de aguas residual (12 pág. 12).

2.2.4.2.3. Agua residual industrial

La actividad propiamente minera se desarrolla en lugares o zonas alejadas de las urbes; se caracteriza por la utilización de grandes instalaciones y de equipamiento especial, además de que es considerada como una actividad que aporte significativamente al desarrollo económico de los países (11 pág. 20).

El desarrollo de las actividades mineras necesita o requiere de recursos: humanos, financieros y tecnológicos, y de mucha importancia como es el

caso de los recursos naturales como el agua, la cual en los últimos años se viene agotando por la problemática relacionada al cambio climático, de modo que las industrias mineras tienden ya a enfocarse en la recirculación, recuperación y/o reutilización de los efluentes que hayan sido ya tratados de manera eficiente. Se señala también que antiguamente, la disposición de aguas residuales de procesos industriales se efectuaba sin limitaciones a cuerpos y cursos de agua (11 pág. 20).

2.2.4.2.4. Tratamiento convencional

Se someten a aquel aquellas aguas destinadas al abastecimiento de agua para consumo humano, sometidas a un tratamiento convencional, mediante dos o más de los siguientes procesos: coagulación, floculación, decantación, sedimentación, y/o filtración o procesos equivalentes; incluyendo su desinfección, de conformidad con la normativa vigente (14).

2.2.4.2.5. Tratamiento de las aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales es importante para volver a utilizar el agua, evitar su contaminación y la del ambiente. Las zonas con inadecuado abastecimiento de agua sufren por lo general de enfermedades, por lo que el tratamiento de aguas residuales requiere del diseño de sistemas para el tratamiento de aguas residuales, teniendo en cuenta que éstas se originan por uso doméstico, uso industrial y agrícola. Si mantenemos la clasificación tradicional, podemos decir que todas las demás

plantas en funcionamiento aplican tratamientos secundarios, aunque ello no signifique que logran una calidad o reúsen el agua tratada (12 pág. 13).

- a) Pretratamiento: “remoción física de objetos grandes” (12 pág. 13).
- b) Deposición primaria: “sedimentación por gravedad de las partículas sólidas y contaminantes adheridos” (12 pág. 13).
- c) Tratamiento secundario: “digestión biológica usando lodos activados o filtros de goteo que fomentan el crecimiento de microorganismos” (12 pág. 13).
- d) Tratamiento terciario: “tratamiento químico (precipitación, desinfección). También puede utilizarse para realzar los pasos del tratamiento primario” (12 pág. 13).

2.2.5. Fundamentos metodológicos de la investigación

2.2.5.1. Flocculación

La flocculación “es un proceso que sirve como complemento de la coagulación y consiste en la agitación de la masa coagulada para favorecer el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados en una red (polímero) con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad” (15 pág. 23).

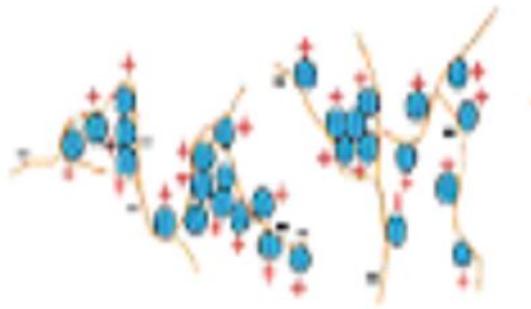


Figura 4. Mecanismo de aglomeración de partículas empleando floculantes.

Fuente: elaboración propia.

2.2.5.2. Prueba de jarras

“La manera de realizar una dosificación adecuada de los reactivos enfocados en los procesos de coagulación-floculación se debe determinar a escala en laboratorio mediante una prueba denominada prueba de jarras; puntualmente señala que la prueba de jarras es la que mejor simula la química de la clarificación y la operación llevada a cabo” (11 pág. 31).

2.2.6. Base legal

Se aprueban los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero - metalúrgicas a través del Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM.

- Límite Máximo Permisible (LMP): “medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan al efluente líquido de actividades minero - metalúrgicas y que al ser excedida causa o que pueda causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el sistema de gestión ambiental” (16).
- Límite: “valor del parámetro que no debe ser excedido en ningún momento ya que, para la aplicación de sanciones por incumplimiento

del límite, en cualquier momento este deberá ser verificado por el fiscalizador o la autoridad competente mediante un monitoreo realizado de conformidad con el Protocolo de un Monitoreo de Aguas y Efluentes” (16).

- Límite promedio anual: “valor del parámetro que no debe ser excedido por el promedio aritmético de todos los resultados de los monitoreos realizados durante los últimos doce meses previos a la fecha de referencia, de conformidad con el Protocolo de Monitoreo de Aguas y Efluentes y el Programa de Monitoreo” (16).

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

Figura 5. Cuadro que muestra los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero - metalúrgicas.

Fuente: Ministerio del Ambiente (16).

2.3. Definición de términos básicos

- Acarreo: traslado de materiales hacia un destino señalado en minería (3 pág. 36).
- Aguas residuales industriales: “aguas residuales originadas como consecuencias del desarrollo de un proceso productivo propio de la actividad minera, agrícola, pesquera, agroindustrial, entre otras” (17 pág. 4).
- Aguas residuales: “son aquellas cuyas características originales han sido modificadas por actividades antropogénicas y que tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y que por sus características de calidad requieren de un tratamiento previo” (18 pág. 40).

- Afluente: “En hidrología, arroyo o río secundario que desemboca en otro mayor o principal” (17 pág. 4).
- Banco o cara: “es la parte de cualquier mina subterránea o a cielo abierto donde se va a efectuar trabajos de excavación” (3 pág. 28).
- Botadero: “conocidos también como canchas de depósito de mineral de baja ley o ganga. Usualmente se localizan entorno de la mina y fuera de la zona mineralizada” (3 pág. 29).
- Cantera: yacimientos de caliza se ubican en canteras que contienen este mineral y para su explotación se elige el sistema de tajo abierto debido a la poca profundidad de localización (19 pág. 12).
- Calcita: “es el mineral carbonatado más abundante de los yacimientos mineralizados en el Perú, asociado con muy escasa, o ninguna dolomita. Generalmente, es el más reactivo de los minerales consumidores de ácido y, a diferencia de la mayoría de éstos, tiende a ser más soluble a temperaturas más bajas” (19 pág. 8).
- Cordón detonante: “es un cordón flexible que contienen un alma sólida de alto poder explosivo y resistencia a la tensión” (3 pág. 29).
- Detonador o fulminante: “es todo dispositivo sensible que contiene una carga detonante para iniciar un explosivo, al que normalmente se le conoce con el nombre de fulminante. Pueden ser eléctrico o no, instantáneos o con retardo. El término detonador no incluye al cordón detonante” (3 pág. 33).
- Echadero: “es una labor minera vertical o semi vertical que sirve como medio de transporte del mineral o desmonte de un nivel a otro” (3 pág. 33).
- Explosivo: “son compuestos químicos susceptibles de descomposición muy rápida que generan instantáneamente gran volumen de gases a altas temperaturas y presión ocasionando influyes destructivos” (3 pág. 36).
- Explotación: “es aquella explotación sostenible del yacimiento cumpliendo las disposiciones legales vigentes, para obtener los mejores resultados económicos” (3 pág. 36).
- Floculación: “es el proceso siguiente a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para el crecimiento y aglomeración de los flóculos recién formados con la finalidad de aumentar el tamaño y pesos necesarios para sedimentar con facilidad” (20 pág. 43).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Enfoque de la investigación

La investigación mantuvo el enfoque cualitativo y cuantitativo, porque se obtuvieron resultados de la prueba de jarras y se realizó el análisis de agua.

3.1.1.1. Método general

La presente investigación se realizó usando el método científico, manteniendo relación con el enfoque cualitativo y cuantitativo ya que se determinó el tratamiento para el reúso de aguas industriales generadas por la actividad minera (21).

3.1.2. Alcance de la investigación

La investigación abarcó el sistema de reutilización de aguas industriales generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, la cual podrá replicarse en otras canteras de minería no metálica, generando un aporte para el reúso de aguas residuales industriales generadas por la actividad minera con un análisis a nivel de laboratorio.

3.1.2.1. Tipo de la investigación

El tipo de investigación realizada fue experimental - aplicada, ya que la investigación realizada se orientó a conseguir un nuevo conocimiento destinado que permita soluciones de problemas (22).

3.1.2.2. Nivel de la investigación

El nivel de investigación fue el explicativo ya que profundizó los propósitos de la problemática en la cantera Encanto Blanco.

3.2. Diseño de la investigación

La presente investigación fue experimental - aplicativo ya que se propone la implementación de un diseño de sistema de tratamiento para el reúso de aguas residuales industriales generadas por la actividad minera de la cantera Encanto Blanco para la reducción de concentraciones de sólidos suspendidos.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

Agua residual industrial de la cantera Encanto Blanco generadas por el lavado de mineral en el 2021.

3.3.2. Muestra

La muestra representativa fue de 1 litro de agua residual industrial ya que nos sirvió de prueba testigo; esta muestra fue tomada sistemáticamente en el área de lavado de mineral de la cantera Encanto Blanco en el 2021.

Lo importante fue recolectar el agua de la muestra ya que esta nos sirvió para realizar la prueba de jarras con floculante y sin floculante el cual se realizó en tres pruebas distintas y así evaluar, comparar y cumplir con los Límites Máximos Permisibles para la de descarga de efluentes minero - metalúrgicas.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos utilizados para la investigación realizada fue la lectura de niveles tales como son la altura de probetas y el tiempo de sedimentación con floculante y sin floculante de las muestras tomadas, asimismo los resultados obtenidos por el laboratorio que realizó las pruebas de las muestras de agua para obtener la cantidad de Sólidos Totales en Suspensión (listas de cotejo), teniendo como método de referencia SMEWW-APHA-AWWA-WEF-Part.2540 D,23nd Ed. 2017 - Laboratorio de Ensayos "Ambiental Laboratorios S.A.C". el cual se encuentra anexado en la investigación.

3.4.1.1. Procedimiento

- Se realizó una visita a campo a la cantera Encanto Blanco, donde se recolectó las muestras del agua que se utiliza en el proceso de lavado.
- Se recolectó 20 litros de agua del proceso de lavado del mineral calcita.
- De las muestras obtenidas se mandó analizar 1 litro al laboratorio que nos sirvió como testigo.
- Se realizó una prueba de jarras para la sedimentación de forma natural y así también se mandó a analizar la muestra al laboratorio de ensayos "Ambiental Laboratorios S.A.C." obteniéndose como resultado el promedio de éstas la cual

excede los Límites Máximos Permisibles para la de descarga de efluentes minero - metalúrgicas.

- Al observar que superaba los Límites Máximos Permisibles (LMP) para la de descarga de efluentes minero - metalúrgicas. Se procedió a realizar nuevamente la prueba de jarras, pero con floculante.
- Se realizó el siguiente proceso en el cual se fue mezclando la cantidad de 3 mg (floculante CT-3561) en 25 litros de agua potable, luego se adicionó 5 ml de la mezcla con una jeringa en 1 litro de muestra, así también se realizó la agitación por 15 minutos de forma manual con una varilla de vidrio para luego controlar la sedimentación cada 5 minutos con el método de observación controlado con un cronómetro; finalmente se separó el agua de la parte sedimentada y así analizar el agua obtenida de este proceso en un Laboratorio de Ensayos "Ambiental Laboratorios S.A.C."
- La investigación se concluye con los resultados de laboratorio para afirmar o negar la prueba de hipótesis.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos que se usaron en la siguiente investigación son:

- Cadena de custodia de monitoreo de agua y suelo, entregada como evidencia del laboratorio (Ambiental Laboratorio S.A.C.) que realizó los ensayos basados en las pruebas de agua:
 - o Primera: testigo.
 - o Segundo: sin floculante.
 - o Tercero: con floculante.

3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos

Las técnicas de análisis y procesamiento de datos realizadas en la investigación son:

- La técnica empleada fue medir los niveles de la altura de sedimentos en las probetas con floculante y sin floculante de las muestras, preliminarmente se realizaron pruebas por los investigadores los cuales contrastaron con los resultados de un Laboratorio de Ensayos "Ambiental Laboratorios S.A.C".
- El método de referencia utilizado por el laboratorio (Ambiental Laboratorios S.A.C.), el método de referencia está establecido por la norma: SMEWW-APHA-AWWA-WEF-Part.2540 D,23nd Ed. 2017.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

Se presentan los resultados mostrando eficiencia de la propuesta del diseño de un sistema de tratamiento para el reúso del agua residual industrial en la cantera Encanto Blanco, lo cual reduce costos y reduce el impacto ambiental ya que habrá una recirculación del agua optimizando la producción.

Según los resultados se observa que al aplicar floculante industrial (CT-3561), aumentará la rapidez de sedimentación ya que el agua solo se utilizará para fines de lavado de material con el que se cumplirá los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el D.S. N° 010-2010-MINAM.

4.1.1. Resultados de la muestra

Los resultados de la prueba de jarras fue 205.5 mg/L, el cual no cumple con los Límites Máximos Permisibles, asimismo se tendrá como testigo para diferentes resultados.

Tabla 4. Resultados del análisis de muestra de la cantera Encanto Blanco.

PRUEBAS	ENSAYO	RESULTADO	UNIDAD
PRUEBA TESTIGO	Solidos Totales en Suspensión	205.5	mg/L
L.M.P. D.S. N° 010-2010-MINAM (ANEXO 1)	Solidos Totales en Suspensión	50	mg/L

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Resultados de sedimentación sin floculante

Tabla 5. Resultados de la primera prueba sin floculante.

Prueba 1		
Tiempo de sedimentación sin floculante		
N°	Tiempo (min)	Volumen (L) Altura
1	0	1000
2	5	920
3	10	880
4	15	720
5	20	600
6	25	570
7	30	450
8	35	400
9	40	280
10	45	120
11	50	96
12	55	50
13	60	38

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Prueba de jarras - Muestra 1.

Tiempo (min)	Prueba 1	Tiempo (min)	Prueba 1
0		35	
5		40	
10		45	
15		50	



Fuente: elaboración propia.

Tabla 7. Resultados de la segunda prueba sin floculante.

Prueba 2		
Tiempo de sedimentación sin floculante		
N°	Tiempo (min)	Volumen (L) Altura
1	0	1000
2	5	940
3	10	805
4	15	760
5	20	700

6	25	620
7	30	500
8	35	430
9	40	380
10	45	220
11	50	90
12	55	75
13	60	45

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Prueba de jarras - Muestra 2.

Tiempo (min)	Prueba 2	Tiempo (min)	Prueba 2
0		35	
5		40	
10		45	



Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Resultados de la tercera prueba sin floculante.

Prueba 3		
Tiempo de sedimentación sin floculante		
N°	Tiempo (min)	Volumen (L) Altura
1	0	1000

2	5	865
3	10	790
4	15	700
5	20	680
6	25	600
7	30	480
8	35	330
9	40	200
10	45	160
11	50	110
12	55	95
13	60	35

Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. Prueba de jarras - Muestra 3.

Tiempo (min)	Prueba 3	Tiempo (min)	Prueba 3
0		35	
5		40	

10



45



15



50



20



55



25



60



30



Fuente: elaboración propia.

Tabla 11. Resultado del promedio de la sedimentación sin floculante.

Promedio general		
Tiempo de sedimentación sin floculante		
N°	Tiempo (min)	Volumen (L) Altura
1	0	1000
2	5	908.3
3	10	825.0
4	15	726.7
5	20	660.0
6	25	596.7
7	30	476.7
8	35	386.7
9	40	286.7
10	45	166.7
11	50	98.7
12	55	73.3
13	60	39.3

Fuente: elaboración propia.

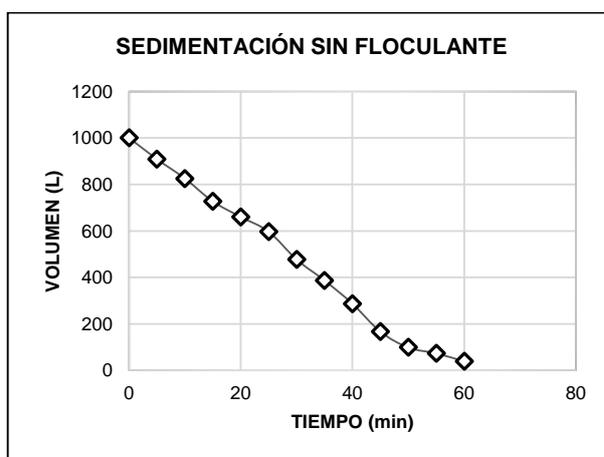


Figura 6. Gráfico de la sedimentación sin floculante (promedio).

Fuente: elaboración propia.

4.1.2.1. Análisis del agua sedimentaria sin floculante

Tabla 12. *Resultados del análisis de agua del laboratorio.*

PRUEBAS	ENSAYO	RESULTADO	UNIDAD
PRUEBA 1	Solidos Totales en Suspensión	152.2	mg/L
PRUEBA 2	Solidos Totales en Suspensión	145.7	mg/L
PRUEBA 3	Solidos Totales en Suspensión	150.5	mg/L
PROMEDIO		149.47	mg/L
LMP - D.S. N° 010-2010-MINAM (ANEXO 01)		50	mg/L

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: la prueba de análisis del agua sin floculante excede los Límites Máximos Permisibles (LMP) del agua dadas por el D.S. N° 010-2010-MINAM de la cantera Encanto Blanco en 149.47 mg/L.

4.1.3. Resultados de sedimentación con floculante

Tabla 13. *Resultados de la primera prueba con floculante.*

Prueba 1		
Tiempo de sedimentación con floculante		
N°	Tiempo (min)	Volumen (L) Altura
1	0	1000
2	5	670
3	10	548

4	15	470
5	20	300
6	25	115
7	30	40
8	35	32
9	40	25
10	45	20
11	50	17
12	55	17
13	60	17

Fuente: elaboración propia.

Tabla 14. *Prueba de jarras con floculante - Muestra 1.*

Tiempo (min)	Prueba 1	Tiempo (min)	Prueba 1
0		35	
5		40	

10



45



15



50



20



55



25



60



30



Fuente: elaboración propia.

Tabla 15. Resultado de la segunda prueba con floculante.

Prueba 2		
Tiempo de sedimentación con floculante		
N°	Tiempo (min)	Volumen (L) Altura
1	0	1000
2	5	660
3	10	580
4	15	485
5	20	320
6	25	285
7	30	165
8	35	155
9	40	150
10	45	148
11	50	148
12	55	148
13	60	148

Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. Prueba de jarras con floculante - Muestra 2.

Tiempo (min)	Prueba 2	Tiempo (min)	Prueba 2
0		35	

5



40



10



45



15



50



20



55



25



60



30



Fuente: elaboración propia.

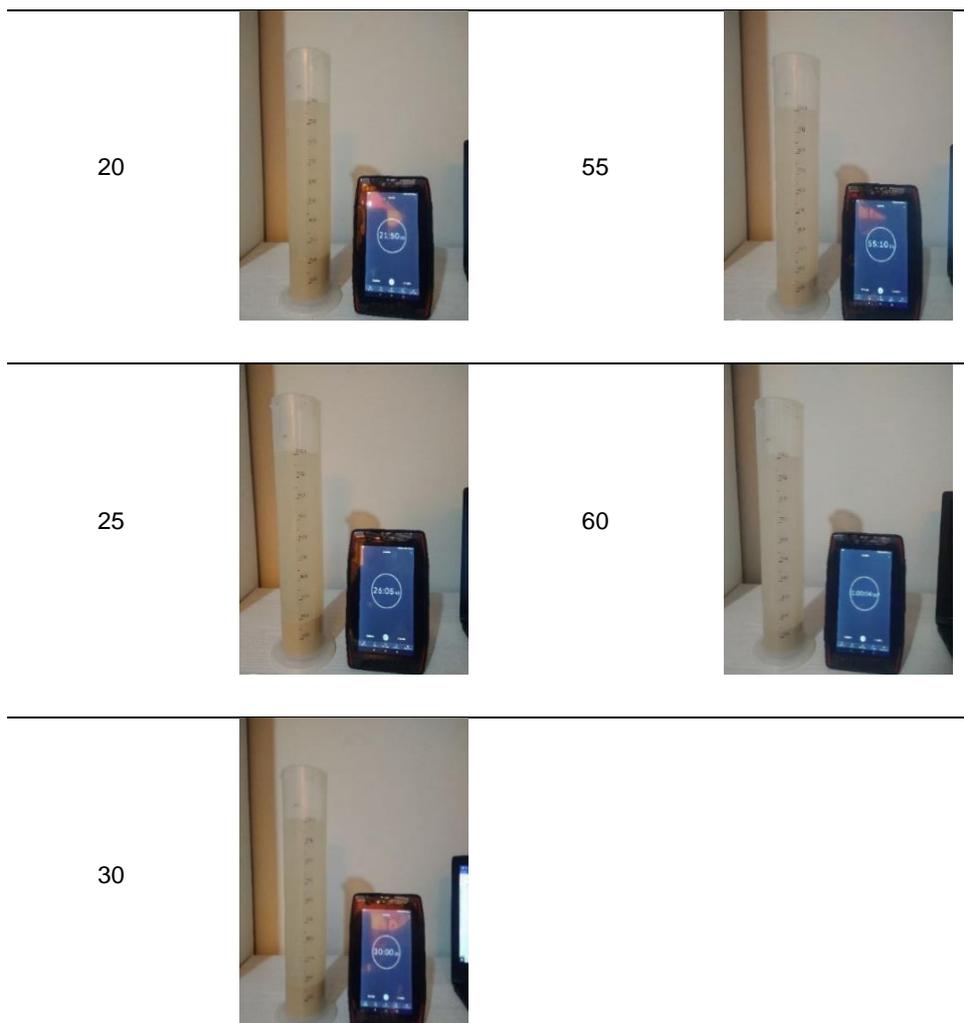
Tabla 17. Resultado de la tercera prueba con floculante.

Prueba 3		
Tiempo de sedimentación con floculante		
N°	Tiempo (min)	Volumen (L) Altura
1	0	1000
2	5	650
3	10	470
4	15	347
5	20	220
6	25	185
7	30	170
8	35	158
9	40	158
10	45	148
11	50	148
12	55	148
13	60	148

Fuente: elaboración propia.

Tabla 18. Prueba de jarras con floculante - Muestra 3.

Tiempo (min)	Prueba 3	Tiempo (min)	Prueba 3
0		35	
5		40	
10		45	
15		50	



Fuente: elaboración propia.

Tabla 19. Resultado del promedio de la sedimentación con floculante.

Promedio general		
Tiempo de sedimentación con floculante		
N°	Tiempo (min)	Volumen (L) Altura
1	0	1000
2	5	660.0
3	10	532.7
4	15	434.0
5	20	280.0

6	25	195.0
7	30	125.0
8	35	115.0
9	40	111.0
10	45	105.3
11	50	104.3
12	55	104.3
13	60	104.3

Fuente: elaboración propia.

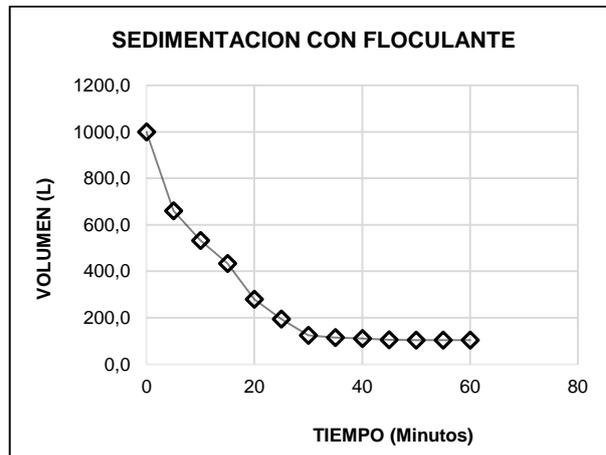


Figura 7. Gráfico de la sedimentación con floculante (promedio).

Fuente: elaboración propia.

4.1.3.1. Análisis del agua sedimentada con floculante

Tabla 20. Resultados del análisis de agua con floculante del laboratorio.

PRUEBAS	ENSAYO	RESULTADO	UNIDAD
PRUEBA 1	Solidos Totales en Suspensión	52.2	mg/L

PRUEBA 2	Sólidos Totales en Suspensión	50.4	mg/L
PRUEBA 3	Sólidos Totales en Suspensión	47.9	mg/L
PROMEDIO		50.17	mg/L
LMP - D.S. N° 010-2010-MINAM (ANEXO 01)		50	mg/L

Fuente: elaboración propia.

Interpretación: la prueba de análisis del agua con floculante no excede los Límites Máximos Permisibles (LMP) del agua dadas por el D.S. N° 010-2010-MINAM de la cantera Encanto Blanco.

4.1.3.2. Propuesta de diseño de pozas de sedimentación

Para obtener mejores resultados, al reusar las aguas residuales en la cantera Encanto Blanco se propuso la construcción de dos sedimentadores que funcionarán alternamente; a los sedimentadores llegará el agua residual del proceso de lavado del mineral (calcita) y se aplicará el mismo proceso que se ha utilizado en la prueba de jarras; una vez realizado todo el proceso de sedimentación, el agua clarificada será recirculada mediante una motobomba hacia el tanque (cisterna) principal que abastece de agua a las botellas de presión, continuando con el proceso de recirculación de agua para el lavado de mineral, en la siguiente figura.



Figura 8. Diseño de sedimentadores.

Fuente: elaboración propia.

El sedimentador cuenta con los siguientes datos:

- Altura: 1.5 m.
- Ancho: 2 m.
- Largo: 1 m.
- Tiempo de residencia: 20 min.
- Flujo de agua: 0.0002257 m³/s.

I. Cálculo del volumen de agua:

El volumen del agua que presentará el sedimentador dependerá de la siguiente formula:

$$V = T * Q$$

Donde:

- V = volumen (m³).
- T = tiempo de residencia (s).
- Q = caudal de flujo (m³/s)

Reemplazando:

$$V = (20 * 60) * 0.0002257$$

$$V = 0.27084 \text{ m}^3$$

Respuesta: el volumen de agua que presentará el sedimentador será de 0.27084 m³.

II. Cálculo de la velocidad horizontal del flujo de agua:

El cálculo de la velocidad horizontal del flujo de agua en el sedimentador dependerá de la siguiente formula:

$$VH = \frac{Q}{A}$$

Donde:

- VH = velocidad horizontal del flujo (m/s).
- Q = caudal del flujo (m³/s).
- A = área del flujo (m²).

Reemplazando:

$$VH = \frac{0.0002257}{1.50 * 2.00}$$

$$VH = 0.000075 \text{ m/s}$$

Respuesta: la velocidad horizontal del flujo será de 0.000075 m/s.

III. Cálculo de la longitud del sedimentador:

Para el cálculo de la longitud (ancho) del sedimentador se empleará la siguiente formula:

$$L = T * VH$$

Donde:

- L = longitud del sedimentador (m).
- T = tiempo de residencia (s).
- VH = velocidad horizontal del flujo (m/s).

Reemplazando:

$$L = 1200 * 0.000075$$

$$L = 0.9 \text{ m} = 1.00 \text{ m}$$

Respuesta: la longitud del sedimentador será de 1 metro.

4.1.3.3. Datos

Tabla 21. *Datos de la cantidad de agua para el proceso según la temporada.*

Abastecimiento diario con cisterna móvil (río)	Tiempo	40	min		
	Volumen	8 000	L	8	m ³
	Caudal inicial	200	L/min		
Estío	Tiempo (trabajo continuo x 8 h)	480	min		
	Volumen	6 500	L	6.5	m ³
	Caudal final	13.54	L/min	Lodos	1.5
	Base mayor	a	10	m	
Lluvia	Base menor	b	7	m	
	Altura o profundidad	c	5	m	637.5 m ³
	Largo	d	15	m	
	Lados	e	8	m	

Cisterna estática	Largo	5	m
	Altura	2	m
	Radio	1	m
	Volumen	15.708	m ³
Proyecto recirculación	Volumen	4	m ³
	Distancia	15	m
	Cota	5	m

Fuente: elaboración propia.

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Hipótesis general

El diseño de un sistema para el tratamiento de aguas residuales industriales afecta positivamente en el reúso de agua de actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021.

4.2.2. Hipótesis específica 1

- H_a: El floculante afecta positivamente en la calidad del agua residual industrial generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021.
- H₀: El floculante no afecta positivamente en la calidad del agua residual industrial generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco Chongos Alto - 2021.

I. Prueba 1:

- Prueba de normalidad:
 - Nivel de confianza: 95 %.
 - Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 22. Prueba de normalidad para la prueba 1.

Prueba de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Sedimentación sin floculante	0.155	13	0.200*	0.924	13	0.286
Sedimentación con floculante	0.282	13	0.006	0.771	13	0.003

* Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

En la prueba de normalidad mostrada en la tabla, de acuerdo con Shapiro-Wilk (menos de 30 datos) para la sedimentación sin floculante, el p-valor fue 0.286, el cual es mayor que $\alpha = 0.05$, entonces tiene una distribución normal; asimismo para la sedimentación con floculante, el p-valor fue 0.003, el cual es menor que $\alpha = 0.05$, entonces no tiene una distribución normal, por tanto, se utilizará un estadístico no paramétrico. La prueba estadística elegida es la de U de Mann-Whitney.

Tabla 23. Estadísticos de prueba (1).

ESTADÍSTICOS DE PRUEBA	
Volumen sedimentado con floculante y sin floculante	
U de Mann-Whitney	45.500
W de Wilcoxon	135.500
Z	-2.053
Sig. asintótica(bilateral)	0.040
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0.039 ^b

a. Variable de agrupación: sedimentación.
b. No corregido para empates.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

En la tabla se observa que el estadístico de prueba (prueba 1) para el volumen sedimentado sin floculante y el volumen de sedimento con floculante, alcanza un p-valor de 0.040, el cual es menor que la significancia $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que el floculante influye positivamente en la calidad del agua residual industrial generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco Chongos Alto - 2021.

II. Prueba 2:

- Prueba de normalidad:
 - Nivel de confianza: 95 %.
 - Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 24. Prueba de normalidad para la prueba 2.

	Prueba de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Sedimentación sin floculante	0.126	13	0.200*	0.938	13	0.435
Sedimentación con floculante	0.275	13	0.008	0.778	13	0.004

* Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

En la prueba de normalidad mostrada en la tabla, de acuerdo con Shapiro-Wilk (menos de 30 datos) para la sedimentación sin floculante, el p-valor fue 0.435, el cual es mayor que $\alpha = 0.05$, entonces tiene una distribución normal; asimismo para la sedimentación con floculante, el p-valor fue 0.004, el cual es menor que $\alpha = 0.05$, entonces no tiene una distribución normal, por tanto, se utilizará un estadístico no paramétrico. La prueba estadística elegida también es la de U de Mann-Whitney.

Tabla 25. *Estadísticos de prueba (2).*

ESTADÍSTICOS DE PRUEBA	
Volumen sedimentado con floculante y sin floculante	
U de Mann-Whitney	40.000
W de Wilcoxon	131.000
Z	-2.291
Sig. asintótica(bilateral)	0.022
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0.022 ^b

a. Variable de agrupación: sedimentación.

b. No corregido para empates.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

En la tabla se observa que el estadístico de prueba (prueba 2) para el volumen sedimentado sin floculante y el volumen de sedimento con floculante, alcanza un p-valor de 0.022, el cual es menor que la significancia $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que el floculante influye positivamente en la calidad del agua residual industrial generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco Chongos Alto - 2021.

III. Prueba 3:

- Prueba de normalidad:
 - Nivel de confianza: 95 %.
 - Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 26. Prueba de normalidad para la prueba 3.

Prueba de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Sedimentación sin floculante	0.174	13	0.200*	0.924	13	0.288
Sedimentación con floculante	0.278	13	0.007	0.760	13	0.002

* Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

En la prueba de normalidad mostrada en la tabla, de acuerdo con Shapiro-Wilk (menos de 30 datos) para la sedimentación sin floculante, el p-valor fue 0.288, el cual es mayor que $\alpha = 0.05$, entonces tiene una distribución normal; asimismo para la sedimentación con floculante, el p-valor fue 0.002, el cual es menor que $\alpha = 0.05$, entonces no tiene una distribución normal, por tanto, se utilizará un estadístico no paramétrico. La prueba estadística elegida también es la de U de Mann-Whitney.

Tabla 27. Estadísticos de prueba (3).

ESTADÍSTICOS DE PRUEBA	
Volumen sedimentado con floculante y sin floculante	
U de Mann-Whitney	44.000
W de Wilcoxon	135.000
Z	-2.085
Sig. asintótica(bilateral)	0.037
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0.039 ^b

a. Variable de agrupación: sedimentación.
b. No corregido para empates.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

En la tabla se observa que el estadístico de prueba (prueba 3) para el volumen sedimentado sin floculante y el volumen de sedimento con floculante, alcanza un p-valor de 0.037, el cual es menor que la significancia $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que el floculante influye positivamente en la calidad del agua residual industrial generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco Chongos Alto - 2021.

IV. Resultados con datos promedio:

- Prueba de normalidad:
 - Nivel de confianza: 95 %.
 - Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$

Tabla 28. Prueba de normalidad para el total de datos.

	Prueba de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Sedimentación sin floculante	0.135	13	0.200*	0.936	13	0.413
Sedimentación con floculante	0.279	13	0.007	0.772	13	0.003

* Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

En la prueba de normalidad mostrada en la tabla, de acuerdo con Shapiro-Wilk (menos de 30 datos) para la sedimentación sin floculante, el p-valor fue 0.413, el cual es mayor que $\alpha = 0.05$, entonces tiene una distribución normal; asimismo para la sedimentación con floculante, el p-valor fue 0.003, el cual es menor que $\alpha = 0.05$, entonces no tiene una distribución normal, por tanto, se utilizará un estadístico no paramétrico. La prueba estadística elegida también es la de U de Mann-Whitney.

Tabla 29. *Estadísticos de prueba (promedio).*

ESTADÍSTICOS DE PRUEBA	
Volumen sedimentado con floculante y sin floculante	
U de Mann-Whitney	43.500
W de Wilcoxon	134.500
Z	-2.104
Sig. asintótica(bilateral)	0.035
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	0.034 ^b

a. Variable de agrupación: sedimentación.

b. No corregido para empates.

Fuente: elaboración propia con SPSS.

En la tabla se observa que el estadístico de prueba (datos promedio) para el volumen sedimentado sin floculante y el volumen de sedimento con floculante, alcanza un p-valor de 0.035, el cual es menor que la significancia $\alpha = 0.05$, entonces se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, por tanto, existe suficiente evidencia estadística para afirmar que el floculante influye positivamente en la calidad del agua residual industrial generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco Chongos Alto - 2021.

4.2.3. Hipótesis específica 2

El reúso del agua tratada afecta favorablemente en la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021.

4.3. Discusión de resultados

En la investigación titulada “Evaluación de la eficiencia de los procesos de coagulación - floculación y ozonización a escala de laboratorio en el tratamiento de aguas residuales municipales” (6), en una de sus conclusiones nos precisa que para

las dosis y condiciones de operación evaluadas, los procesos de coagulación-floculación y ozonización por sí solos pueden ser empleados para mejorar la calidad de aguas residuales para su vertimiento, pero no son suficientes si se pretende reutilizar estas aguas; así también en la presente investigación se emplea solo uno de los procesos (floculación), con el método inicialmente se fue mezclando la cantidad de 3 mg (floculante CT-3561) en 25 litros de agua potable, luego se adicionó 5 ml de la mezcla con una jeringa en 1 litro de muestra, asimismo se realizó la agitación por 15 minutos de forma manual con una varilla de vidrio para luego controlar la sedimentación cada 5 minutos con el método de observación controlado con un cronómetro, finalmente se separó el agua de la parte sedimentada para así analizar el agua obtenida de este proceso en un laboratorio de ensayos de agua y verificar los Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes minero - metalúrgicas D.S. N° 010-2010-MINAM, alcanzando un resultado óptimo para una recirculación sin afectar el proceso de lavado.

CONCLUSIONES

1. La influencia del diseño de un sistema de tratamiento para el reúso de aguas industriales es efectiva ya que nos permite reusar el agua tratada y así disminuir el uso del recurso hídrico.
2. Al aplicar el floculante CT-3561 mediante la metodología de prueba de jarras, se tiene una influencia eficaz en la sedimentación de sólidos suspendidos que ayuda a reducir la turbidez, así también, hace que el agua residual cumpla con los límites establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM), alcanzando a obtener un agua con calidad de vertimiento y de reúso.
3. El reúso de agua es eficiente para la actividad minera no metálica, ya que funciona en tiempos de sequía y estiaje, así como para la disminución de impacto en el medio ambiente y el cuidado del recurso hídrico aledaño que es utilizado también por diferentes comunidades que se encuentran cerca de la unidad minera.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda usar la cantidad de floculante CT-3561 establecida en la presente investigación con un resultado óptimo en la sedimentación de sólidos suspendidos del agua residual del proceso de lavado en las canteras que se dedican a la explotación y recuperación de mineral no metálico de calcita.
2. Se sugiere reusar el agua que se obtiene en procesos de lavado de mineral no metálico como la calcita, para disminuir el uso del recurso hídrico y contribuir con el medio ambiente cumpliendo con los Límites Máximos Permisibles establecido por el Ministerio del Ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) UNESCO. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2019: no dejar a nadie atrás. [En línea] 2019. Disponible en: <http://www.unwater.org/publications/world-water-development-report-2019/>.
- (2) UNESCO. Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017: aguas residuales: el recurso desaprovechado. [En línea] 2017. Disponible en: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000247647>.
- (3) MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería. *D.S. N° 024-2016*. Lima: El Peruano, 2016.
- (4) CISNEROS, O. y SAUCEDO, H. *Reúso de aguas residuales en la agricultura*. México: INTA, 2016. ISBN: 978-607-9368-76-0.
- (5) MINISTERIO DEL AMBIENTE. Tratamiento y reúso de aguas residuales. [En línea]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39054>.
- (6) VÉLIZ, L., y otros. Evaluación de la eficiencia de los procesos de coagulación-floculación y ozonización a escala de laboratorio en el tratamiento de aguas residuales municipales. *CENIC*, 2010, 41(1). ISSN: 1015-8553.
- (7) FÚQUENE, D. y YATE, A. Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales. *ECAPMA*, 2018, 2(1).
- (8) ÁLAVA, J. Simulación mediante GPS-X del proceso de acondicionamiento de aguas residuales procedentes de actividades mineras para su reutilización en el propio sistema. Tesis (Máster en Ingeniería de Tecnologías Mineras). Oviedo: Universidad de Oviedo, 2021.
- (9) MUÑOZ, A. Optimización del sistema de bombeo y manejo de las aguas residuales producto de la explotación minera en la mina de carbón San Fernando, operada por carbones San Fernando SAS, vereda paso nivel, Amaga - Antioquía. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Sogamoso: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2016.
- (10) ALVAREZ, J. Evaluación geomecánica del macizo rocoso aplicando el SMR para el diseño del banco en U.E.A. Encanto Blanco LYOF, Chongos Alto. Tesis (Título de Ingeniero de Minas). Huancayo: Universidad Continental, 2020.
- (11) CABALLÓN, M. Optimización del tratamiento de las aguas residuales industriales generadas en el proceso de explotación minera subterránea (nivel 10) de la compañía minera Casapalca S. A. - U.E.A. Americana en el año 2017. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Huancayo: Universidad Continental, 2020.

- (12) LARIOS-MEOÑO, F., GONZÁLEZ, C. y MORALES, Y. Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Saber y Hacer*, 2015, 2(2). ISSN: 2311-7613.
- (13) ALMAU, C. Metodología para la descontaminación de aguas procedentes de lavaderos de instalaciones mineras. Tesis (Título de Química Industrial). España: Universidad Politécnica de Cartagena, 2012.
- (14) MINISTERIO DEL AMBIENTE. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua. *D.S. 004-2017-MINAM*. Lima: El Peruano, 2017.
- (15) CANO, C. Evaluación de un tratamiento de floculación- flotación para el agua residual generada en el procesamiento de subproductos avícolas. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Bogotá: Universidad Libre, 2015.
- (16) MINISTERIO DEL AMBIENTE. Límites Máximos Permisibles para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero - metalúrgicas. *D.S. N° 010-2010-MINAM*. Lima: El Peruano, 2010.
- (17) AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Ley de Recursos Hídricos N° 29338 y su Reglamento D.S. N° 001-2010-AG. [En línea] 2020. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-documento-denominado-glosario-terminos-ley-ndeg-29338-ley>.
- (18) AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos, Ley N° 29338. *D.S. N° 001-2010-AG*. Lima: El Peruano, 2010.
- (19) MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. *Minería No Metálica*. Lima: Dirección General de Eficiencia Energética, 2018.
- (20) ALIAGA, S. Aplicación del proceso Fenton y coagulación - floculación para la regeneración de aguas depuradas. Tesis (Especislita en Química Industrial). España: Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza, 2010.
- (21) HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ-COLLADO, R. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill, 2014. ISBN: 978-1-4562-2396-0.
- (22) ALVAREZ, A. *Clasificación de las investigaciones*. Lima: Universidad de Lima, 2020.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.

Problemas	Objetivos	Hipótesis
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general
¿Cuál es la influencia del diseño de un sistema de tratamiento para reusar aguas residuales industriales generadas por la actividad minera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021?	Determinar la influencia del diseño de un sistema de tratamiento para reusar aguas residuales industriales generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco – Chongos Alto - 2021.	El diseño de un sistema para el tratamiento de aguas residuales industriales influye positivamente en el reúso de agua de actividad minera en la cantera Encanto Blanco - 2021.
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas
<p>1. ¿Cuál es la influencia de la aplicación del floculante en el diseño de un sistema de tratamiento para reusar aguas residuales industriales generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021?</p> <p>2. ¿Cuál es la influencia del reúso de aguas industriales generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021?</p>	<p>1. Determinar cómo influye la aplicación del floculante en el diseño de un sistema de tratamiento para reusar aguas residuales industriales generadas por la actividad minera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021.</p> <p>2. Determinar cómo influye el reúso en las aguas industriales generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021.</p>	<p>1. El floculante influye positivamente en la calidad del agua residual industrial generadas por la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021.</p> <p>2. El reúso de agua tratada influye favorablemente en la actividad minera en la cantera Encanto Blanco, Chongos Alto - 2021.</p>

Anexo 2. Informe de análisis de agua superficial de la cantera Encanto Blanco.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
“AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C”**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-045-21

NOMBRE DEL CLIENTE : Luis Angel Navarro Poma.
Karen Paola Aguilar Limache.

DOMICILIO LEGAL : Jr. Manuel Scorza N° 195 el Tambo.
Jr. Pedro Calvez N° 2110 el Tambo.

SOLICITADO POR : Karen Paola Aguilar Limache.

REFERENCIA DEL CLIENTE : Análisis de Agua Superficial Cantera Encanto Blanco Lyof – Chongos Alto.

PROCEDENCIA : Cantera Encanto Blanco Lyof – Chongos Alto.

ORDEN DE SERVICIO N° : AL/OS – 027 – 2021.

CANTIDAD DE MUESTRAS : 1 Frasco de Plástico.

FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 19/04/2021.

PERIODO DE ENSAYO : 19/04/2021 – 20/04/2021.

TOMA DE MUESTRA : Por el cliente.

CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

Código del Cliente	Código de Laboratorio	Coordenadas		Fecha de Monitoreo	Hora de Monitoreo	Producto Declarado
		Este	Norte			
PM-01	M-21-81	—	—	19/04/2021	13:00	Agua Superficial

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método de Referencia	Descripción
Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed.2017	Total Solids in Suspension Dried at 103-105 ° C

III. RESULTADOS:

Código del Cliente	Ensayo	Resultado	Unidad
PM-01	Sólidos Totales en Suspensión	205.5	mg/L

Huancayo, 21 de Abril del 2021




LABORATORIO
S.A.C.
Ing. Karen P. Aguilar Limache
JEFE DE LABORATORIO
C.P. N° 115912

LAB-FR-004/ VERSIÓN 01/ F.E: 12/2020

El presente Informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C, su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excedido el tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados 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.

Página 1 de 1

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 – Chilca – Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril 5/N – Barrio Chanchas - Huayucachi

Anexo 3. Informe de análisis de agua superficial después de la prueba de jarras sin floculante de la cantera Encanto Blanco.



LABORATORIO DE ENSAYOS "AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-059-21

NOMBRE DEL CLIENTE	: Luis Angel Navarro Poma
DOMICILIO LEGAL	Karen Paola Aguilar Limache. : Jr. Manuel Scorza N° 195 el Tambo. : Jr. Pedro Galvez N° 2110 el Tambo.
SOLICITADO POR	: Karen Paola Aguilar Limache.
REFERENCIA DEL CLIENTE	: Análisis de Agua Superficial Cantera Encanto Blanco Lyof – Chongos Alto.
PROCEDENCIA	: Cantera Encanto Blanco Lyof – Chongos Alto.
ORDEN DE SERVICIO N°	: AL/OS – 045 – 2021.
CANTIDAD DE MUESTRAS	: 1 Frasco de Plástico.
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 13/05/2021.
PERIODO DE ENSAYO	: 14/05/2021 – 16/05/2021.
TOMA DE MUESTRA	: Por el cliente.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

Código del Cliente	Código de Laboratorio	Coordenadas		Fecha de Monitoreo	Hora de Monitoreo	Producto Declarado
		Este	Norte			
PRUEBA 1	M-21-100	_____	_____	13/05/2021	13:00	Agua Superficial
PRUEBA 2	M-21-101	_____	_____	13/05/2021	13:00	Agua Superficial
PRUEBA 3	M-21-102	_____	_____	13/05/2021	13:00	Agua Superficial

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método de Referencia	Descripción
Sólidos Totales en Suspensión	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed.2017	Total Solids in Suspension Dried at 103-105 ° C

III. RESULTADOS:

Código del Cliente	Ensayo	Resultado	Unidad
PRUEBA 1	Sólidos Totales en Suspensión	152.2	mg/L
PRUEBA 2	Sólidos Totales en Suspensión	145.7	mg/L
PRUEBA 3	Sólidos Totales en Suspensión	150.5	mg/L





ANBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.
Ana María M. Muñoz Colarza
JEFE DE LABORATORIO
C.P. N° 173812

Huancayo, 17 de Mayo del 2021

LAB-FR-004/ VERSIÓN 01/ F.E.: 12/2020

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C, su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública, Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, pasado el tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados 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.

Página 1 de 1

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 – Chilca – Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N – Barrio Chanchas - Huayucachi
Cel.: 998900666 - 956000691 Email: ambiental.lab@ambientallaboratorios.com.pe

Anexo 4. Cadena de custodia de monitoreo de agua sin floculante.

		AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C				CÓDIGO: LAB-FR-001												
		CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO – AGUA Y SUELO				VERSION: 01 F.E: 12/2020												
Cliente: <u>Karen Paola Aguilar Limache</u>		Lugar de muestreo: <u>Laguna Escondida Blanca Laguna-Choros Alto</u>		N° de informe de ensayo: <u>04/SE-059-21</u>														
RUC:		Proyecto: <u>Análisis de Agua Superficial Centro Escondida Blanca Laguna-Choros Alto</u>		PARAMETROS:														
N° de cotización: <u>AL/car-2021-119-1</u>		Telf.: <u>965688221</u>																
e-mail:																		
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE LABORATORIO ⁽¹⁾	PUNTO DE MONITOREO ó CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		MATEZ ⁽²⁾	UBICACIÓN UTM ⁽³⁾	N° DE FRASCOS POR PUNTO DE MUESTREO		VOLUMEN TOTAL	EST							OBSERVACIONES	
			FECHA (d-m-a)	HORA (24:00)			P	V										
1	M-21-100	Punto 1	13/04/21	13:00	AS	---	1	-	1L	X								
2	M-21-101	Punto 2	13/04/21	13:00	AS	---	1	-	1L	X								
3	M-21-102	Punto 3	13/04/21	13:00	AS	---	1	-	1L	X								
TOTAL							1											
															PH-B	PRESERVACION		
															PH-B			
															OTROS			

⁽¹⁾ Campo exclusivo para el laboratorio.
⁽²⁾ Parámetros según requerimiento del cliente.
⁽³⁾ Tomar las coordenadas UTM utilizando un GPS.
 (1) AP(Agua Potable); AR(Agua Residual); AS(Agua Superficial); AT(Agua Subterránea); AM(Agua de Mar); AL(Agua lluvia); DP(Dueros); VE(Variante); SE(Sedimento); DV(Diámetro); DC(Diámetro); BC(Banco de Campes)

DATOS		MUESTREO POR ANALISTA DE CAMPO		RESPONSABLE O SUPERVISOR EN CAMPO		LABORATORIO – RECEPCION DE MUESTRAS	
NOMBRES Y APELLIDOS:		<u>Karen Paola Aguilar Limache</u>				MUESTRAS RECIBIDAS INTACTAS <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO TIPO DE RECIENTE ADECUADO <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO MUESTRAS DENTRO DEL PERIODO DE ANALISIS <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	
FIRMA:						CONSERVACION DE MUESTRAS FRIO: <input checked="" type="checkbox"/> AMBIENTE: <input type="checkbox"/>	
OBSERVACIONES:						Muestreado por: <u>[Firma]</u> Cliente: <input checked="" type="checkbox"/>	

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 – Chilca – Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N – Barrio Chinchas - Huaycachi
 Cel.: 958900666 - 956000691 Email: ambiental.lab@ambientallaboratorios.com.pe

Anexo 5. Informe de análisis de agua superficial después de la prueba de jarras con floculante de la cantera Encanto Blanco.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/E-088-21

NOMBRE DEL CLIENTE	: Lulo Ángel Navarro Poma. Karen Paola Aguilar Limache.
DOMICILIO LEGAL	: Jr. Manuel Scorza N° 195 el Tambo. Jr. Pedro Galvez N° 2110 el Tambo.
SOLICITADO POR	: Karen Paola Aguilar Limache.
REFERENCIA DEL CLIENTE	: Análisis de Agua Superficial Cantera Encanto Blanco Lyof – Chongos Alto.
PROCEDENCIA	: Cantera Encanto Blanco Lyof – Chongos Alto.
ORDEN DE SERVICIO N°	: AL/OS – 072 – 2021.
CANTIDAD DE MUESTRAS	: 3 Frasco de Plástico.
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	: 30/06/2021.
PERIODO DE ENSAYO	: 30/06/2021 – 03/07/2021.
TOMA DE MUESTRA	: Por el cliente.
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	: Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

Código del Cliente	Código de Laboratorio	Coordenadas		Fecha de Monitoreo	Hora de Monitoreo	Producto Declarado
		Este	Norte			
PRUEBA 1	M-21-151	_____	_____	30/06/2021	12:00	Agua Superficial
PRUEBA 2	M-21-152	_____	_____	30/06/2021	12:00	Agua Superficial
PRUEBA 3	M-21-153	_____	_____	30/06/2021	12:00	Agua Superficial

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

Ensayo	Método de Referencia	Descripción
Sólidos Totales en Suspensión	SMEVWV-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 23rd Ed.2017	Total Solids in Suspension Dried at 103-105 ° C

III. RESULTADOS:

Código del Cliente	Ensayo	Resultado	Unidad
PRUEBA 1	Sólidos Totales en Suspensión	52.2	mg/L
PRUEBA 2	Sólidos Totales en Suspensión	50.4	mg/L
PRUEBA 3	Sólidos Totales en Suspensión	47.9	mg/L



Huancayo, 05 de Julio del 2021



Los Inyes H. Latorre Goñon
JEFE DEL LABORATORIO
CIP 14-175912

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C, su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública, Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excedido el tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados 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.

Página 1 de 1

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 – Chilca – Huancayo. Laboratorio: Av. Ferrocarril 5/N – Barrio Chanchas - Huayucachi
Cel.: 998900666 - 956000691 Email: ambiental.lab@ambientallaboratorios.com.pe

Anexo 6. Cadena de custodia de monitoreo de agua con floculante.

 AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C CADENA DE CUSTODIA DE MONITOREO – AGUA Y SUELO										CÓDIGO: LAB-FR-001	
										VERSION: 01	
										F.E: 12/2020	
Cliente: <i>Luis Angel Navarro Ponce / Navarros</i>			Lugar de muestreo: <i>Cartera Encanto Siturco Luján - Chupas Alto</i>			N° de informe de ensayo ⁽¹⁾ : <i>AY/E-088-2</i>					
RUC:			Proyecto: <i>Análisis de Agua Superficial Cartera Encanto Siturco Luján - Chupas Alto</i>			PARAMETROS ⁽²⁾ :					
N° de cotización ⁽³⁾ : <i>14/COT-2021-168-1</i>			Tel: <i>965688221</i>								
e-mail:											
N° DE MUESTRA	CÓDIGO DE LABORATORIO ⁽⁴⁾	PUNTO DE MONITOREO O CÓDIGO DEL CLIENTE	MUESTREO		MATEZ ⁽⁵⁾	UBICACIÓN UTM ⁽⁶⁾	N° DE FRASCOS POR PUNTO DE MUESTREO		VOLUMEN TOTAL	SST	OBSERVACIONES
			FECHA (d-m-a)	HORA (24 HOR)			P	V			
01	11-21-151	Punto 1	30/06/21	12:00	AS	---	01	-	1L	X	/
02	11-21-152	Punto 2	30/06/21	12:00	AS	---	01	-	1L	X	
03	11-21-153	Punto 3	30/06/21	12:00	AS	---	01	-	1L	X	
TOTAL							03				
										PH-B	PRESERVACION
										PH-C	
										OTROS	

30 JUN 2021 13:00

⁽¹⁾ Campo estéril para el laboratorio.
⁽²⁾ Parámetros según requerimiento del cliente.
⁽³⁾ Tomar las coordenadas UTM utilizando un GPS.
⁽⁴⁾ AP(Agua Potable), AR(Agua Residual), AS(Agua Superficial), AT(Agua Subterránea), AM(Agua de Mar), AL(Agua Pluvial), EP(Estuario), VE(Vertimiento), SS(Sedimentos), BV(Banco Vaso), DP(Duplicado), BC(Banco de Carros).

DATOS		MUESTREADO POR / ANALISTA DE CAMPO		RESPONSABLE O SUPERVISOR EN CAMPO		LABORATORIO – RECEPCION DE MUESTRAS	
NOMBRES Y APELLIDOS		<i>Luis Angel Navarro Ponce</i>		<i>Navarro Aguilar</i>		MUESTRAS RECIBIDAS INTACTAS <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO TIPO DE RECIPIENTE ADECUADO <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO MUESTRAS DENTRO DEL PERIODO DE ANALISIS <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO CONSERVACION DE MUESTRAS <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO	
FIRMA						Monitorreado por: <input checked="" type="checkbox"/> Ambiental Laboratorios <input type="checkbox"/> Cliente	
OBSERVACIONES:						FHO: <input checked="" type="checkbox"/> AMBIENTE:	

Oficina principal: Av. Ferrocarril N° 661 – Chica – Huancayo Laboratorio: Av. Ferrocarril S/N – Barrio Chanchas - Huayucachi
 Cel.: 988900666 - 955000691 Email: ambiental.lab@ambientallaboratorios.com.pe

Anexo 7. Prueba de jarras - sedimentación sin floculante.

Tiempo (min)	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3
0			
5			
10			
15			

20			
25			
30			
35			
40			

<p style="text-align: center;">45</p>			
<p style="text-align: center;">50</p>			
<p style="text-align: center;">55</p>			
<p style="text-align: center;">60</p>			

Anexo 8. Prueba de jarras - sedimentación con floculante.

Tiempo (min)	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3
0			
5			
10			
15			

20			
25			
30			
35			
40			

<p>45</p>			
<p>50</p>			
<p>55</p>			
<p>60</p>			

Anexo 9. Recolección de agua de lluvia.



Fotografía 1. Poza de recolección de agua de lluvia.

Anexo 10. Perforación y voladura en la labor para la extracción de mineral (calcita).



Fotografía 2. Perforación y voladura de calcita.

Anexo 11. Carguío y transporte de calcita para el proceso de lavado del mineral (calcita).



Fotografía 3. Traslado de mineral para el proceso de lavado.

Anexo 12. Carguío y transporte de calcita para el proceso de lavado del mineral (calcita).



Fotografía 4. Carguío de mineral.

Anexo 13. Proceso de lavado de mineral (calcita).



Fotografía 5. Área de lavado de mineral.

Anexo 14. Proceso de lavado de mineral (calcita).



Fotografía 6. Selección tras el lavado de mineral.

Anexo 15. Área de lavado de mineral (calcita).



Fotografía 7. Lavado de mineral mediante botellas de presión de aire.

Anexo 16. Acumulación de mineral lavado.



Fotografía 8. Mineral lavado.

Anexo 17. Toma de muestras de agua residual.



Fotografía 9. Muestreo de agua residual después del proceso de lavado.

Anexo 18. Río Canipaco a una distancia de 4 km.



Fotografía 10. Río Canipaco a 4 km del área de trabajo.

Anexo 19. Bombeo de agua mediante mangueras hacia el área de lavado.



Fotografía 11. Bombeo de agua hacia las botellas de aire.

Anexo 20. Hoja MSDS - Floculante CT-3561.

FLOCULANTE CT-3561				
HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD				
1. Identificación de la sustancia y de la compañía proveedora				
Descripción del Producto:	FLOCULANTE CT-3561 – Agente de floculación			
Proveedor:	Chemicals Technology Jr. Francois Millet Mz. D7 Lt. 5 Sgto. De Surco. Telf. + 51 1 672-4488			
2. Composición / Identificación de componentes				
Identificación del preparado				
COMPONENTE	N° CAS	%	SIMBOLO CEE	FRASES DE RIESGO
Poliacrilamida no iónico soluble en agua	25987-30-8	<2.0	Xn	
3. Identificación de peligros				
3.1. Elementos de la etiqueta				
Pictogramas de peligro:	Ninguno(a)			
Palabras de advertencia:	Ninguno(a)			
Indicaciones de peligro:	Ninguno(a)			
Medidas de precaución:	Ninguno(a)			
3.2. Otros peligros				
Puede ocasionar cierta irritación ocular que debiera desaparecer al separarse del producto. Derrames produce superficie resbaladiza.				
				
				Página 1 de 6