

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
METALÚRGICA**



TESIS

**Mejoramiento de la velocidad de sedimentación del relave con el
floculante AR-3913 de la planta DCT– Unidad de Producción**

Carahuacra – Yauli- 2021

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Metalurgista

Autor: Bach. Marbin Angelo Alejandro LAURENTE AMBROCIO

Asesor: Mg. José Elí CASTILLO MONTALVÁN

Cerro de Pasco – Perú - 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
METALÚRGICA**



TESIS

**Mejoramiento de la velocidad de sedimentación del relave con el
floculante AR-3913 de la planta DCT– Unidad de Producción**

Carahuacra – Yauli- 2021

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Ramiro SIUCE BONIFACIO
PRESIDENTE

Mg. Marco Antonio SURICHAQUI HIDALGO
MIEMBRO

Mg. Manuel Antonio HUAMÁN DE LA CRUZ
MIEMBRO

DEDICATORIA.

A mis padres por ser el soporte y apoyo para hacerme de una carrera profesional y a una persona muy especial en mi vida con inicial J. B. T. por su apoyo incondicional.

El autor

AGRADECIMIENTO

A mi casa de estudios que es la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión por formarme y recibirme en sus aulas a lo largo de formación profesional.

A los diferentes repositorios institucionales que permitieron dar sustento teórico a la presente investigación.

A mi asesor y jurados por guiarme con sus conocimientos y permitirme finalizar la presente investigación.

RESUMEN

El estudio tiene como problema mejorar la velocidad de sedimentación de relave con el floculante AR-3913 de la planta DCT de la Unidad de producción Carahuacra, para lo cual nos planteamos como objetivo mejorar la velocidad de sedimentación del relave haciendo uso del floculante AR-3913 en remplazo del MT-4219.

El tipo de investigación es experimental, y el nivel del estudio es explicativa. La recolección de datos se obtuvo de las mediciones realizadas de la densidad de relave en la alimentación, análisis granulométrico, gravedad específica, pruebas de sedimentación en buretas de un litro y pruebas a nivel industrial. La muestra para laboratorio consistió en 16,032 litros de pulpa.

Los resultados muestran que se obtuvo una Gravedad específica de 2,90, el diámetro de tamaño de partícula D50 se encuentra en 93 micras y el diámetro de tamaño de partícula D80 es 157 micras encontrándose por debajo de 200 micrones. Las pruebas de sedimentación sin hacer uso del floculante tienen una velocidad de sedimentación de 0,71 cm/min para una altura de compactación de 6,80 cm con un tiempo de 2 horas. En pruebas de comparación entre el floculante MT-4219 versus el Floculante AR-3913 se evidencio el que tiene una mejor velocidad de sedimentación es el floculante AR-3913 lográndose una altura de compactación de 5,3 cm con un tiempo de 45 minutos, siendo 10 minutos menos que el floculante MT-4219 que alcanza una altura de compactación 5,4 en 55 minutos. En La prueba industrial se logró mantener el rebose en 6,07 NTU y la descarga del Underflow en 67,56% sólidos, controlándose dentro de los parámetros operacionales establecidos con una dosificación del floculante en 26,17 ppm.

Palabra clave: Floculante, sedimentación y relave.

ABSTRACT

The problem of the study is to improve the sedimentation rate of the tailings with the AR-3913 flocculant from the DCT plant of the Carahuacra Production Unit, for which we set ourselves the objective of improving the tailings sedimentation rate by making use of the AR-3913 flocculant. replacing the MT-4219.

The type of research is experimental, and the level of the study is explanatory. The data collection was obtained from the measurements made of the density of tailings in the feed, granulometric analysis, specific gravity, sedimentation tests in one-liter burettes and tests at an industrial level. The laboratory sample consisted of 16,032 liters of pulp.

The results show that a specific gravity of 2.90 was obtained, the D50 particle size diameter is 93 microns and the D80 particle size diameter is 157 microns, being below 200 microns. The sedimentation tests without using the flocculant have a sedimentation speed of 0.71 cm / min for a compaction height of 6.80 cm for a time of 2 hours. In comparison tests between the MT-4219 flocculant versus the AR-3913 flocculant, it was evidenced that the one with the best sedimentation speed is the AR-3913 flocculant, achieving a compaction height of 5.3 cm for a time of 45 minutes, being 10 minutes less than the MT-4219 flocculant that reaches a compaction height of 5.4 in 55 minutes. In the industrial test, it was possible to maintain the overflow at 6.07 NTU and the Underflow discharge at 67.56% solids, controlling within the established parameters with a flocculant dosage of 26.17 ppm.

Keyword: Flocculant, Sedimentation and Tailings.

INTRODUCCIÓN

La sedimentación de partículas de relaves, provenientes de las operaciones de concentración de minerales, es una de las actividades que se viene dando en diversas Empresa mineras del Perú, esto debido a que muchas veces ya no se cuentan con grandes extensiones de terrenos para la deposición de los relaves, así mismo se han introducido nuevos métodos de tratamiento de relaves como la deposición de pasta con un 65% sólidos.

El estudio de tesis, tiene como objetivo realizar el mejoramiento de la velocidad de sedimentación del relave con el floculante AR-3913 de la planta DCT de la Unidad de producción Carahuacra - Yauli. Las pruebas consintieron en realizar pruebas de sedimentación a nivel laboratorio con el floculante MT-4219 versus el propuesto el AR-3913, para comparar la velocidad de sedimentación, realizado esto, se selecciona el floculante que mejora la velocidad de sedimentación y después realizar pruebas a nivel industrial en la planta DCT.

La sedimentación de relave atreves de la floculación se ha incrementado en las mineras esto debido a que cada vez las leyes de concentración son más bajas y se generan mucho mayor cantidad de relave a razón de 25/1 aproximadamente y el flujo de agua que sale con el relave es proporcionalmente mayor por lo que el espesamiento de este ofrece mayor oportunidad para recirculación de agua al proceso, además la recuperación de agua al espesar el relave permite reducir la cantidad de agua en los depósitos de relave, reduciendo daños de licuefacción y reducir áreas para la deposición.

La tesis para cumplir con el objetivo se estructuro de la siguiente manera:

En el capítulo I, se presenta el problema de investigación, objetivos y las razones por la que se decide realizar el estudio de mejoramiento de la velocidad de sedimentación con el floculante AR-3913.

En el Capítulo II, Contiene del marco teórico, se presenta los antecedentes de estudio, el sustento teórico y científico relacionado con el mejoramiento de la velocidad de sedimentación de relave con el floculante AR-3913 de la planta DCT de Carahuacra.

En el Capítulo III, concerniente a la metodología, en esta sección se sustenta como se desarrolló la investigación con el diseño metodológico y la toma y recolección de datos informativos y procesamiento de los datos.

En el Capítulo IV, discusión y resultados, se presentan todos los datos informativos de la investigación, cumpliéndose con los objetivos de estudios y la relación de las variables mediante la prueba de hipótesis, y finalizar con la conclusión.

El autor.

ÍNDICE

DEDICATORIA.	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.	2
1.3. Formulación del problema.....	2
1.3.1. Problema principal:	2
1.3.2. Problemas específicos:	2
1.4. Formulación de objetivos.....	2
1.4.1. Objetivo General.	2
1.4.2. Objetivos específicos.	3
1.5. Justificación de la investigación	3
1.6. Limitaciones de la investigación.....	3

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.	4
2.2. Bases teóricas – científicas.	7
2.3. Definición de términos básicos.....	17
2.4. Formulación de Hipótesis.....	17
2.4.1. Hipótesis General.....	17
2.4.2. Hipótesis Específicas	17
2.5. Identificación de Variables	17
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores.....	18

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	19
3.2. Nivel de investigación.....	19
3.3. Métodos de investigación.....	19
3.4. Diseño de investigación.....	20
3.5. Población y muestra	20
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	22
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.	22
3.9. Tratamiento Estadístico.....	22
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.	22

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	23
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	27
4.3. Prueba de Hipótesis	34
4.4. Discusión de resultados	36

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

Instrumento de Recolección de datos

Procedimiento de validación y confiabilidad

Matriz de Consistencia

Ubicación de la planta victoria en Carahuacra

Fotografías

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables e indicadores de operación.....	18
Tabla 2. Resultados promedio del control del espesador DCT	24
Tabla 3. Datos de control al espesador.....	24
Tabla 4. Análisis granulométrico de relave.....	27
Tabla 5. Tiempo de sedimentación	28
Tabla 6. Comparación de la velocidad de sedimentación con floculantes	30
Tabla 7. Control de alimentación de relave y descarga	32
Tabla 8. Porcentajes de sólidos en el Underflow del espesador.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Disposición de relave	7
Figura 2. Sedimentación en un espesador continuo.....	10
Figura 3. Espesador de alta densidad (DCT) 15x19.....	11
Figura 4. Ciclo de Control del Espesador	12
Figura 5. Floculante de Poliacrilamidas.....	13
Figura 6. Acción de un polielectrolito.....	15
Figura 7. Diseño planificado de las pruebas a realizar	20
Figura 8. Control de la densidad del agua con el densímetro.....	25
Figura 9. Pesaje de relave por el método de la fiola.....	26
Figura 10. Curva de distribución granulométrica de relave.....	27
Figura 11. Sedimentación en probetas de 1 litro	28
Figura 12. Curva de velocidad de sedimentación.....	29
Figura 13. Comparación de la velocidad de sedimentación	31
Figura 14. Parámetros de control en el DCT	33
Figura 15. Parámetros de control en el DCT	33
Figura 16. Parámetros de control en el DCT	34

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El relave, producto de la concentración de minerales de la planta Victoria de la Unidad Minera Yauli, viene tratando en la planta DCT, que consiste en un tanque o espesador de cono profundo, que produce sólidos sobre 60% de relave en la descarga del underflow. Así mismo, se viene utilizando el floculante MT 4219, este reactivo hasta la fecha ha dado buenos resultados en el control del rebose y descarga del espesador.

El inconveniente radica, frente a variaciones operacionales en planta Victoria por paradas de algunos molinos a falta de mineral; esto genera una subida de tensión eléctrica ocasionando una operación de turbulencia. Esta situación, genera que el flujo masico de pulpa de relave se desplaza mayormente a la alimentación del cono sedimentador, ocasionando el incremento de turbiedad en el rebose del espesador en 12,35 NTU y se sobre cargue de sólidos el espesador en el underflow.

Ante este problema, lo que se quiere es tratar de mantener la floculación de partículas más estables a través del incremento de tamaño y con un peso suficiente para sedimentar. Es sabido que, el efecto máximo de un floculante se

alcanza a una velocidad óptima de dosificación, el exceso de polímero causa la dispersión de las partículas por la descomposición del grumo. Por tal motivo, es la necesidad de experimentar con el floculante AR-3913 y reducir el consumo de floculante.

Así mismo, la necesidad de mejorar permanentemente los procesos y operaciones de la planta concentradora, se presenta la opción de evaluar recientes posibilidades de mejora en el tratamiento de pulpa de relaves eligiendo los floculantes apropiados, en donde haciendo uso de las experiencias de laboratorio se demuestre el mejor tiempo de sedimentación.

1.2. Delimitación de la investigación.

El estudio se llevó a cabo en la Empresa Minera Volcan S.A.A., en la Unidad Minera de Carahuacra en la planta DCT de relave que se encuentra ubicado en el distrito y provincia de Yauli, Región de Junín.

El relave proveniente de la planta Victoria, producto del procesamiento de minerales es tratado en la planta DCT y luego dispuesto en la relavera.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema principal:

¿Cómo mejorar la velocidad de sedimentación del relave con el floculante AR- 3913 de la planta DCT de la Unidad de Producción Carahuacra-Yauli 2021?

1.3.2. Problemas específicos:

¿Cómo el floculante AR-3913 mejora la sedimentación de partículas de relave versus el floculante MT - 4219?

¿Cómo realizar prueba industrial con el floculante seleccionado en la planta DCT para determinar el porcentaje de descarga y NTU?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Mejorar la velocidad de sedimentación del relave con el floculante AR-3913 de la planta DCT de la Unidad de Producción Carahuacra-Yauli 2021.

1.4.2. Objetivos específicos.

Realizar pruebas de sedimentación con el floculante AR-3913 para determinar la velocidad de sedimentación versus al MT- 4219.

Realizar prueba industrial con el AR-3913 en la planta DCT para determinar el porcentaje de descarga y NTU.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación Práctica.

Los resultados de la investigación se presentarán a la jefatura de la planta, para que tengan una mayor información del comportamiento del nuevo floculante tanto a nivel laboratorio y a nivel industrial de la planta DCT, y ver la eficiencia de operación del floculante.

1.5.2. Justificación Metodológica.

En el desarrollo del estudio se comprueba la aplicación teórica de principios fenomenológicos de la sedimentación de partículas floculentas y el espesamiento de relave que tiene efecto en la descarga del underflow del espesador. Así mismo, el manejo de variables que tiene influencia en el control de rebose y descarga del underflow

1.6. Limitaciones de la investigación

Las limitaciones de la investigación que se tiene son:

- Financiamiento propio para la elaboración del presente estudio.
- Acceso a la información de la data en cuanto a su operatividad de la investigación.
- No se cuenta con suficiente información con respecto al tema tratado, y al floculante de prueba, esto debido a que el proveedor está promocionando el reactivo

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.

2.1.1. A nivel Internacional

- En la investigación Titulada “Aumento de porcentaje de sólido de descarga de los espesadores de relave a través de metodología full potencial en minería de los pelambres” de la investigadora Vera (2019):

de la universidad de Concepción de Chile, quien como problema se plantea incrementar el espesado de relave para disminuir la cantidad de agua en el depósito de relave.

Como objetivo se plantea identificar una oportunidad de mejora en los espesadores de relave de Minera los Pelambres, y proponer iniciativas que potencien el aumento de porcentaje de sólido de descarga de los espesadores. Realizado los estudios llega a las siguientes conclusiones.

De acuerdo con la evaluación realizada a los espesadores de relave, se generó una serie propuestas de optimización que van enfocadas a mejorar el rendimiento y la operación de estos equipos.

La realización de estas propuestas podría aumentar el porcentaje de sólido de descarga en un 6%, las principales palancas asociadas y aporte a la captura de valor son:

La homologación de operadores (0,5 %), la implementación de una lógica de control (2,5%) (Implementar y mejorar la instrumentación, mejorar la condición actual de los equipos) y el aprovechamiento de la capacidad de torque (3%) (Cambio de reactivo). El análisis completo de cada una de estas propuestas se explica con detalles en el capítulo correspondiente. Se presentan las principales conclusiones que se pueden extraer de las pruebas de laboratorio realizadas, con distintos proveedores de floculante en distintas condiciones de pH y muestras de mineral.

El mejor reactivo bajo las condiciones de mezcla y pH analizadas es el SNF 804 con una dosis de 6 g/t, alcanzando mayores valores de velocidad de sedimentación, y de sólido final para los ensayos de sedimentación estática en todos los casos presentados.

La fase 10 alcanza valores de velocidad de sedimentación de 24 (m/h) y un máximo de compactación del 59 % de sólido a un pH de 8,7. La fase 7 alcanza valores máximos de velocidad de sedimentación de 27,6 [m/h] a un pH 9.3 y un máximo de compactación del 64,4% de sólido a un pH de 8.7. La fase Mezcla presenta un valor máximo de velocidad de sedimentación de 27,2 a un pH 9,3 y un máximo de compactación de un 62%. Una conducta repetitiva para las 3 fases en la evaluación es que a mayor pH hay una tendencia al aumento en los valores de yield stress para un mayor porcentaje de sólido. Los resultados arrojados por la sedimentación dinámica comprueban que a mayor dosificación de floculante es mejor calidad del agua recuperada en términos de turbidez.

2.1.2. A nivel Nacional

- En la investigación titulada “Evaluación de la cinética de sedimentación y precipitación de metales para optimizar el tratamiento de pulpa de relaves de la Unidad Minera San Rafael Puno – Perú”. Calancha (2018) de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno, quien se plantea como problema de investigación, mejorar los procesos de tratamiento de pulpa de relave seleccionando el floculante adecuado que demuestre mejores tiempos de sedimentación.

Como objetivo se planteó evaluar la cinética de sedimentación y reducción de metales a nivel de laboratorio para optimizar el tratamiento de pulpa de relaves de la unidad minera san Rafael. Realizado las pruebas metalúrgicas llega a las siguientes conclusiones:

La velocidad de sedimentación y precipitación de metales se obtuvieron mejores resultados con el floculante RENAFLOC 1120 demostrándose que la velocidad de sedimentación se incrementa con el aumento del pH y en cuanto a remoción de metales, presenta un excelente performance el floculante AR-3120 seguido del RENAFLOC 1120, obteniendo bajos valores de Fe y Mn.

El que presenta mejor velocidad de sedimentación es el RENAFLOC 1120 tanto en pH natural y variando el pH en los tiempos de 2, 5, 10 minutos. Seguido del floculante CHEMLOK 2010 y el MTFLOC 4253 que presenta una velocidad de sedimentación regular y por último que es el AR-3120.

El floculante AR 3120 a un pH de 10,70 precipita al Fe a 2.427 ppm y Mn a 0,023 ppm seguido del RENAFLOC 1120 precipitando al Fe a 5,306 ppm y Mn a 0,046 ppm. Sin embargo, para seleccionar el floculante adecuado se considera principalmente la velocidad de sedimentación; presentando una excelente alternativa para precipitar metales el RENAFLOC 1120”

2.1.3. A nivel Local

- No se encontraron trabajos relacionados en el repositorio.

2.2. Bases teóricas – científicas.

2.2.1. Relave

Es el residuo, mezcla de mineral molido con agua y otros compuestos, que queda como resultado de haber extraído los minerales sulfurados en el proceso de flotación. Este residuo, también conocido como cola, es transportado mediante canaletas o cañerías hasta terrenos fundamentalmente habilitados o tranques, donde el agua es recuperada o vaporizada para quedar dispuesto finalmente como un depósito estratificado de materiales finos (arenas y limos). (Ministerio de Minería, 2019)

El concepto de relave según Sernageomin...” El relave es un sólido finamente molido, que se descarta en operaciones mineras. Sólo una pequeña porción perteneciente al elemento de interés económico que se quiere recuperar (algo menos de 1%). El resto del material (muy pobre en cobre) se denomina relave”

Figura 1. Disposición de relave



Fuente: Tomado de WORLD ENERGY TRADE

2.2.2. Sedimentación

La sedimentación se entiende como la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión presentes en el agua. Donde las partículas deberán tener un peso específico mayor que el fluido. La separación de partículas en suspensión en el agua se obtiene por sedimentación o filtración. Razón que

ambos procesos se consideran complementarios. La sedimentación precipita las partículas más densas, mientras que la filtración remueve aquellas partículas que tienen una densidad muy cercana al agua o que son suspendidas y por lo tanto no pudieron ser removidas en el proceso anterior. Camp (2008), P. 895

2.2.3. Velocidad de sedimentación

El método más usado para aumentar la velocidad de sedimentación es provocar la unión entre partículas utilizando floculantes, estos reactivos son polímeros de cadena larga y alta masa molecular, solubles en agua, que al establecer puentes entre partículas forman una partícula con un mayor tamaño aparente.

La forma más simple de evaluar un floculante con respecto a otro es realizar un test de velocidad de sedimentación y discriminar entre el reactivo que más rápido induce la sedimentación a la pulpa en cuestión. Este ensayo se realiza también para distintas dosis de floculante. Con esto encontramos la dilución óptima a la cual se debiera tratar la pulpa. Una alta concentración produce que no se utilice de manera óptima el floculante y una muy alta dilución disminuye demasiado la viscosidad del floculante actuando también de manera incorrecta. (Vera Abara, 2019, pág. 14)

Variables que influyen en la sedimentación

Ordoñez (2011) en su tesis propone que las variables que influyen en la sedimentación son:

Tamaño de partícula:

El tamaño de partícula tiene influencia en la velocidad de sedimentación, así como las partículas finas tienen ratios más bajas en sedimentación. De la misma manera un incremento del área superficial significa una menor concentración en la salida del under flow de la descarga.

Densidad de las partículas:

Se basa en la decantación diferenciada, en la diferencia de densidades de los componentes del fluido. Donde la densidad es una propiedad en que manifiesta que a mayor diferencia mejor será el proceso de sedimentación. Además, el sólido con mayor densidad se separa con mayor velocidad del otro sólido.

Forma de las partículas:

Normalmente la forma óptima de la partícula es la esférica con porosidad cero. Cuando cualquiera de estos factores se aleja de su estado ideal, las dificultades se incrementan.

Propiedades superficiales:

Las características químicas de la superficie de las partículas van a influir en factores como la dosificación de floculantes.

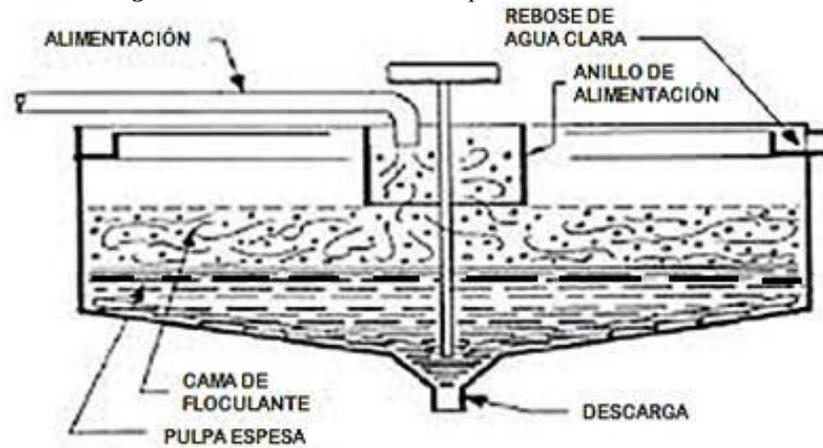
Viscosidad y densidad relativa del líquido

El aumento de la viscosidad disminuirá las ratios de sedimentación. Un sostenimiento de temperaturas altas será siempre deseable puesto que va a reducir la viscosidad del agua

2.2.4. Espesador

Según Avello (2013), los espesadores son tanque donde se realiza la separación sólido-líquido de suspensiones sólidos formando una pulpa, el flujo se alimenta a un tanque que está provisto de mecanismos internos que por acción de la gravedad permite concentrar los sólidos en el fondo y hace fluir el agua clarificada hacia la superficie para ser recogida en el rebose del tanque., p. 1

Figura 2. Sedimentación en un espesador continuo



Fuente: Imagen tomados de Dennis Sánchez

La mayoría de los espesadores para la minería operan con el empleo de floculante poliméricos, que mejoran el rendimiento del espesador y reducen el tamaño de los equipos como el costo de operación. El costo del reactivo floculante que se utiliza es importante y representa un costo de operación alto. Por lo que un sistema que mejore la eficiencia de la utilización del floculante y reduzca los costos de operación menores para el proceso y de la planta, deben tener presente los operadores.

Zonas en el proceso de espesado

El espesado consta con 4 zonas las cuales se describirá a continuación de acuerdo a nuestra imagen:

1. En el tope, **Zona 1**, está el agua clara (o solución clara) que simboliza el rebose del espesador.
2. En la **Zona 2**, es donde la alimentación ingresa. Esta zona tiene la misma forma general y equilibrio de la alimentación.
3. **Zona 3**. Contiene pulpa que está comenzando a decantarse. Está en tránsito a la zona del fondo.
4. **Zona 4** es la pulpa en compresión. Aquí el peso de los sólidos fuerza el agua o solución a elevarse hacia la zona de rebose

2.2.5. Espesador de alta densidad

En los años 70 se introdujo espesadores con mecanismos de espesado mucho mayores y su funcionamiento efectivo con floculantes específicos, donde se introdujeron los espesadores de alta capacidad (HCT).

En el diseño de estos equipos se consideró la eficiencia y el uso económico de los floculantes. Donde la sobredosis de reactivo podía alcanzar resultados deseados, que a veces resultaba muy costosas. Además, se consideró el tiempo de retención corto, donde la claridad del rebose podría sufrir una merma en la calidad y claridad, y por ende grandes pérdidas de material en el rebose. Y, por último, como a la vista los flujos de alimentación son menos uniformes, y con cambios bruscos, era primordial implementar un sistema de alimentación que regula esta variación, además era primordial un equilibrio entre la capacidad del equipo y la densidad de hundido requerido.

Figura 3. Espesador de alta densidad (DCT) 15x19



Fuente. Fotografía tomada de planta DCT (2020)

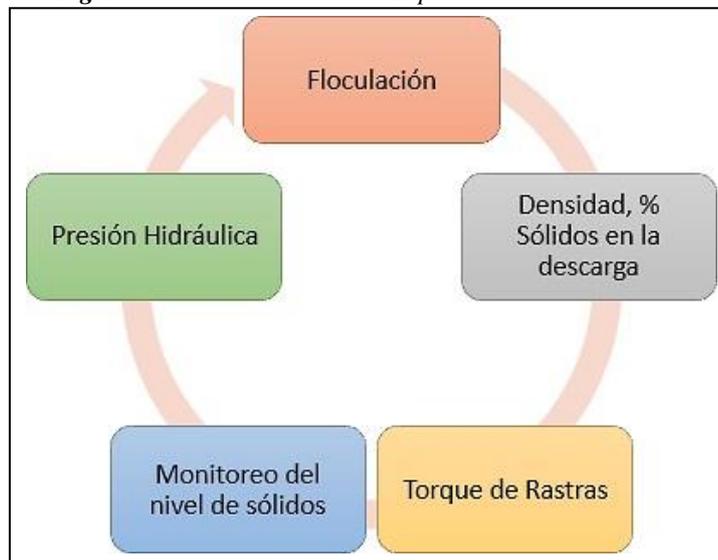
Control de operación:

Es de suma importancia controlar la operación, pues de los resultados de operación nos llevará a una optimización del proceso, donde el control de las variables de proceso nos permitirá llegar a niveles aceptables como el porcentaje de sólidos, Yield Stress, en la descarga, como en la claridad de agua de rebose.

Los espesadores se controlan con un proceso continuo de sedimentación y espesamiento, descargándose los sólidos al mismo ratio que ellos son alimentados. (Kynch,1952) (Concha,1988), (How& Bunnal,1992), (Lovera,1997).

Para estabilizar la densidad de la descarga del espesador, es importante el control estándar de la dosificación de floculante en el flujo de masa entrante, y tratar de conservar relativa cama constante para asegurar el tiempo de residencia para el espesamiento, mientras se mantiene la razón de sólidos en la descarga equivalente al de la alimentación. Ver figura 2

Figura 4. Ciclo de Control del Espesador



Fuente. Imagen tomada de (Ames, 2012)

Los principales elementos de control del espesador son:

Torque de Rastras

Monitoreo del nivel de sólidos

Presión inventario de sólidos

Densidad de la descarga

Adición de floculante basado en la razón de alimentación, Tm/h del espesador

2.2.6. Flocuente

Según, CloraciónSalina.Org (2020) “El floculante se utiliza para clarificar el agua, es decir volverla más transparente y eliminar la turbidez. El agua se

vuelve turbia o blanquecina por las partículas sólidas en suspensión, compuestas por ejemplo polvo, barro o algas”.

Otra asiduidad es eliminar el excedente de metales disueltos en el agua, como el hierro, y minerales como el calcio (reduce la cal del agua).

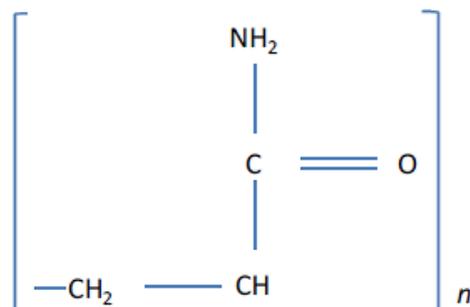
Necesariamente al reducir los metales y minerales, mejora el rendimiento de la cloración salina, ya que no se producen reacciones químicas incontroladas, ni se forman incrustaciones calcáreas en las células cloradoras

Figura 5. Floculante de Poliacrilamidas

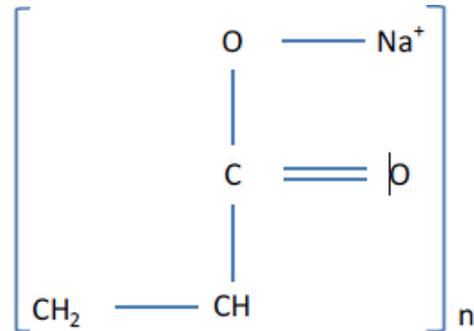


Fuente. Tomado de liquid technologies

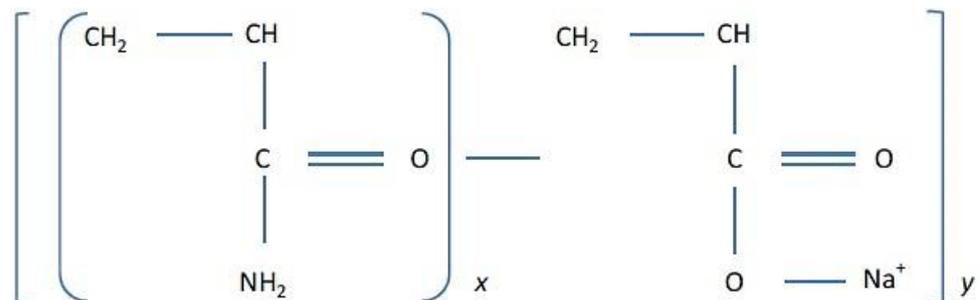
Las poliacrilamidas, que varían ampliamente en el peso molecular y densidad de carga, se utilizan mucho como floculantes. La densidad de carga se refiere al porcentaje de los segmentos de monómeros acrílicos que llevan una carga. Por ejemplo, si el polímero está descargado, éste comprende n segmentos similares del monómero acrílico. Así es un homopolímero-poliacrilamida.



Si el monómero acrílico está completamente hidrolizado con NaOH, el producto comprende n segmentos de acrilato de sodio: un polielectrolito aniónico, que tiene una densidad de carga de 100%.



La densidad de carga se puede controlar durante su fabricación entre los límites 0- 100%, para producir una poliacrilamida de carácter aniónico débil o fuerte, dependiendo del grado de la hidrólisis:



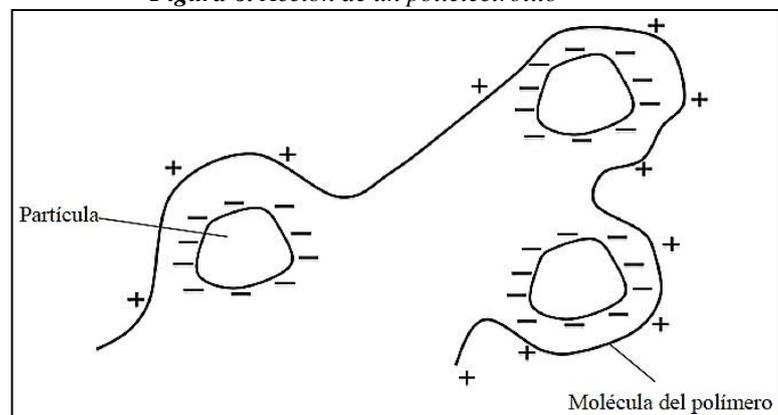
Es posible producir los polímeros de carácter catiónico mediante reacciones químicas similares. Como la mayoría de las superficies que se encuentran en la industria de los minerales contienen partículas cargadas negativamente, se puede esperar que los polielectrolitos catiónicos, en los que el catión adsorbe a las partículas, tengan partículas más apropiadas. Aunque esto es cierto para propósitos de neutralización de la carga y la atracción del polímero hacia la superficie de la partícula, no sucede lo mismo cuando sirve para el “puenteo” de floculante. Para el puenteo, el polímero debe ser fuertemente adsorbido y esto se facilita por los grupos químicos que tienen buenas características de adsorción, tales como los grupos de amidas. La mayoría de los

polielectrolitos disponibles comercialmente son aniónicos, ya que por lo general tienen un peso molecular más alto que los catiónicos y son menos costosos.

El modo de acción de la poliacrilamida aniónica depende de un segmento muy grande de la molécula que es adsorbido sobre la superficie de una partícula, dejando una gran proporción de la molécula libre para ser adsorbida sobre otra partícula, formando así un enlace molecular real o puente, entre las partículas (ver Figura 4.1).

Mientras que en la figura 4.1 solamente se muestra un enlace, en la práctica, muchos de tales puentes se forman entre las partículas cuando enlazan varias. Los factores que influyen sobre el grado de floculación son la eficiencia o resistencia de adsorción del polímero sobre la superficie, en grado de agitación durante la floculación y la agitación subsecuente, la cual puede ocasionar la descomposición de los grumos (B.A. Wills)

Figura 6. Acción de un polielectrolito



Fuente. Tomado de liquid technologies

El efecto máximo de un floculante se alcanza a una velocidad óptima de dosificación, el exceso de polímero causa la dispersión de las partículas por la descomposición del grumo. Debido a la naturaleza frágil de los grumos, los agentes de floculación no son eficientes en los hidrociclones, mientras que con las centrifugas solo se alcanzan buenos resultados con técnicas especiales para una escala limitada de aplicaciones. Aún el bombeo de lodo floculado puede destruir los grumos debido a la ruptura de las moléculas de cadena larga.

Tipos de floculantes

Los tipos de floculantes según, Calacha (2018) menciona: que los tipos de floculantes polímeros que se tipifican son:

- **Floculantes minerales:**

Son compuestos muy coloidales que reaccionan por absorción o por neutralización de las cargas de las partículas en suspensión, sílice activada, bentonita, hidróxido férrico, etc.

- **Floculantes naturales:**

Estos polímeros son solubles en agua, y los más comunes son los derivados amílicos, los polisacáridos, los alginatos, (extractos de algas).

- **Floculantes sintéticos**

Estos polímeros sintéticos tienen un peso molecular muy alto, y son solubles en agua, estos se presentan que incluyen tipos no iónico, aniónico y catiónico, con diversos tamaños de moléculas todo ello para proporcionar un rendimiento óptimo en diferentes tipos de suspensión.

En el mercado de reactivos químicos existen tres tipos de floculantes sintéticos más usados.

- **Floculantes aniónicos:**

Son los que se utilizan en la sedimentación de pulpas de minerales y concentrados, tales como Cu, Pb, Zn, etc. Estos floculantes son eficientes en la mayoría de las suspensiones que contienen minerales u otros sólidos inorgánicos, particularmente bajo condiciones neutras o alcalinas. El consumo o dosificación típica varían entre 2 a 50 g/t (gramos de floculante por tonelada de sólidos secos).

- **Floculantes no iónicos:**

Son también usados en la sedimentación de pulpas de minerales de Fe y flotación de Oro etc., son muy efectivos en pulpas ácidas. Los consumos o

dosificaciones típicos varían entre 1 a 50 g/t. También pueden usarse como ayuda filtrante

2.3. Definición de términos básicos.

- **Relave.** Es un sólido finamente molido, producto del proceso de concentración de minerales.
- **Velocidad de sedimentación.** Es la aceleración del asentamiento de las partículas floculentas, mediante la adición de un reactivo floculante.
- **Relave en pasta.** Es una mezcla de agua con sólido, que contiene abundantes partículas finas y bajo contenido de agua, de modo que la mezcla tenga una consistencia espesa.
- **Lodos de alta densidad.** Son espesadores que se utiliza para el tratamiento de estériles mineros con la finalidad de eliminar la mayor cantidad de agua y también mayor cantidad de hundidos de sólidos, con grandes ratios de alimentación de pulpa.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Con el floculante AR-3913 se mejora la velocidad de sedimentación del relave de la planta DCT de la Unidad de Producción Carahuacra-Yauli 2021.

2.4.2. Hipótesis Específicas

Con las pruebas de sedimentación con el floculante AR-3913 se determinará la velocidad de sedimentación versus el floculante MT 4219.

Realizando pruebas a nivel industrial con el floculante seleccionado se determinará la eficiencia de operación del espesador de DCT.

2.5. Identificación de Variables

2.5.1. Variables independientes

Dosificación del floculante AR 3913.

2.5.2. Variables dependientes

Mejoramiento de la sedimentación del relave de la planta DCT.

2.5.3. Variables intervinientes

- Flujo masico
- Granulometría.
- Densidad de pulpa
- Porcentaje de sólidos.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

Tabla 1. Variables e indicadores de operación

Ítem	Variabes	Dimensiones	Indicadores
V.I	Dosificación del floculante AR 3913	Dosificación y Velocidad de sedimentación	g/T Cm/ s
		Prueba a nivel industrial	Control de operación
V.D	Mejoramiento de la sedimentación del relave de la planta DCT	Incremento de la descarga Underflow, Control de rebose	% S y NTU

Fuente. Elaboración propia

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Según la intervención del investigador, el tipo de investigación es experimental donde se trata de explicar la razón de causa – efecto, además de ser controlados (Supo, 2012, pág. 1).

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación de acuerdo a los objetivos que se persigue es explicativo, debido a que se tratará de dar sustento a los resultados obtenidos de la sedimentación de partículas floculentas en la planta DCT y el accionar en el rebose y descarga del underflow.

3.3. Métodos de investigación

Según Hernández (2014), el método son los pasos generales que se recomienda a fin de lograr el objetivo de estudio. P.56. Además, para investigar es necesario usar técnicas y procedimientos para contrastar la hipótesis, que se plasma en informes y conclusiones.

Al respecto, en el estudio se aplicó el diseño experimental, siguiendo la metodología para las pruebas de sedimentación a nivel de laboratorio y a nivel industrial.

El método para la obtención de muestra consistió en el muestreo de pulpa de relave a la entrada de la alimentación espesador, aplicando el muestreo sistémico, con un muestreador de copa en un tiempo determinado. La muestra se acumuló en un balade, que posteriormente se llevó al laboratorio metalúrgico, para realizar las pruebas en probetas de un litro, con la adición de floculantes y de esta manera determinar la velocidad de sedimentación.

Con la comparación de la velocidad de sedimentación del floculante en actual uso y el propuesto, se planeó la utilización del floculante AR-3913 y ver el comportamiento frente a las intermitencias de planta.

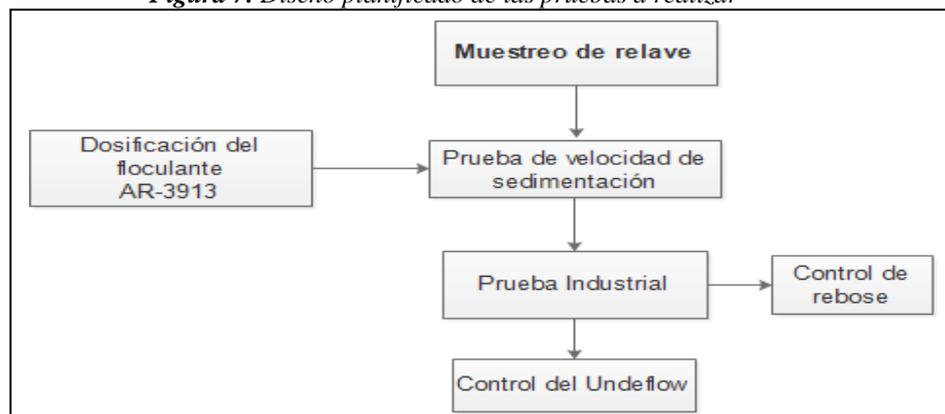
3.4. Diseño de investigación

Según Carrasco Días (2005), El diseño es el instrumento que guía la forma y el modo como el investigador va dar respuesta al problema de investigación.

El diseño de investigación que se aplica es experimental, y que se realizó en primer lugar eligiendo el punto de muestreo, de la alimentación al espesador DCT y control de la descarga del Underflow, como también del rebose.

Las pruebas experimentales se planifico de la siguiente manera:

Figura 7. Diseño planificado de las pruebas a realizar



Fuente. Flujograma de pruebas

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Como población de estudio está considerado el relave que ingresa al espesador DCT (espesador de alta densidad), producto del procesamiento de minerales de la planta concentradora Victoria de Marh Túnel.

3.5.2. Muestra

La muestra está constituida por la cantidad de muestra obtenida durante el muestreo incremental, que consiste en un muestrear cada 20 min. El muestreador tipo copa en cada muestreo carga aproximadamente 0,334 litros, conteniendo aproximadamente 61,1 gr de sólidos. El muestreo se realiza durante 16 horas, haciendo un total de 48 muestreos.

$$N = 16,032 \text{ Litros.}$$

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La observación experimental. Mediante esta técnica se realizará observación del del punto de muestreo donde se recolectará la muestra

La entrevista libre. Se realizará a los ingenieros y técnico operador del espesador DCT.

Fuentes primarias. Se obtendrá de los reportes de las pruebas de sedimentación de laboratorio.

Instrumentos de recolección de datos

Muestreador de copas. Este muestreador es un instrumento para recolectar muestras de pulpa, que nos permitirá obtener la cantidad de pulpa deseada para las pruebas en el laboratorio.

Balanza marcy. Este quipo nos permitirá determinar la densidad de alimentación y densidad de dilución de la pulpa de relave en la alimentación y descarga del underflow del espesador DCT.

Probeta graduada. Con este instrumento realizamos la prueba de sedimentación del relave para determinar la velocidad de asentamiento de las partículas.

Cronómetro. Este este instrumento controlamos la velocidad de sedimentación en determinado tiempo.

Vaso precipitado de un litro. Estos vasos lo utilizamos para llenar la pulpa de relave en la probeta de 1 litro.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

La técnica e instrumento según Arías (2006) “una técnica comprende los pasos para recaudar datos” (p. 67), por ejemplo: los procedimientos para separar el agua del aceite para recolectar datos. “Instrumento es cualquier recurso, dispositivo o formato (en papel o digital), que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información”

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Para el procesamiento y análisis de datos de la sedimentación se hará uso del Microsoft Excel, como también en el análisis de los gráficos.

3.9. Tratamiento Estadístico.

El tratamiento estadístico, se aplicará a los resultados obtenidos de las pruebas experimentales de la sedimentación y para la prueba de hipótesis con el Microsoft Excel.

3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.

Los datos que se obtengan en el estudio se realizarán teniendo en cuenta los valores éticos del investigador en la que se dará fe de los ensayos obtenidos. Además, las referencias del marco teórico, se editarán respetando la autoría de los investigadores.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

Con la finalidad de cumplir con los objetivos planteados en el estudio se desarrolló una serie de pruebas en la planta DCT de Carahuacra, con la finalidad de obtener datos que nos permita demostrar que el cambio de reactivo floculante (AR- 3913) propuesto por la empresa Arena SRL mejora la velocidad de sedimentación de relave frente a variaciones operacionales provenientes de la planta Victoria.

A continuación, se presenta los resultados promedios obtenidos de planta DCT trabajando con el floculante MT-4219.

Previamente a realizar el análisis planteado en la presente con la finalidad de resolver la problemática planteada es preciso describir y contextualizar el área en estudio. Es por ello que se deberá definir el área de impacto, la red vial en estudio y las avenidas involucradas.

Tabla 2. Resultados promedio del control del espesador DCT

	Densidad de Ingreso (g/t)	Flujo Volumétrico (m ³ /h)	Nivel Espejo H ₂ O/m	pH	NTU	Dosificación de Floculante	Densidad de Descarga	%Sol de ingreso	Flujo Másico	%Sol Salida
Promedio	1139,9	874,41	9,22	9,33	8,39	28,42	1720,12	17,35	189,65	64,75

Fuente. Datos obtenidos de planta - Volcan

En la tabla 2 se observa que la densidad de ingreso al espesador DCT es de 1139, 9 g/T, con 8, 39 NTU y 64,75% de sólidos en el underflow, para un consumo promedio de floculante de 28,42 g/T.

4.1.1. Toma de muestra del relave.

Se tomaron muestra de relave a intervalos de 20 min en un balde, con un muestreador adecuado tipo copa y seguidamente se determinó la densidad de ingreso y porcentaje de sólidos a modo de determinar la densidad promedio. Ver tabla 2

Tabla 3. Datos de control al espesador

Fecha	Densidad del ingreso (g/t)	Porcentaje de sólidos	Flujo Volumétrico (m ³ /h)
27-5-21 10:00 AM	1150	19,90	979,30
27-5-21 11:00 AM	1130	17,55	1027,20
27-5-21 12:00 PM	1150	19,90	1048,70
27-5-21 1:00 PM	1130	17,55	1031,50
27-5-21 2:00 PM	1140	18,74	1043,90
27-5-21 3:00 PM	1100	13,87	968,90
27-5-21 4:00 PM	1150	19,90	1146,20
27-5-21 5:00 PM	1150	19,90	1051,10
27-5-21 6:00 PM	1140	18,74	970,40
27-5-21 8:00 PM	1120	16,35	927,41
27-5-21 9:00 PM	1150	19,90	936,40
27-5-21 10:00 PM	1130	17,55	994,82
27-5-21 11:00 PM	1130	17,55	952,22
28-5-21 12:00 AM	1140	18,74	925,44
28-5-21 1:00 AM	1140	18,74	902,34
28-5-21 2:00 AM	1140	18,74	955,16

Como se puede observar en la tabla 3, el flujo de alimentación al espesador DCT tomados el 27 al 28 de mayo, es variable que oscilan entre a

979,30 m³/h a 1 146 m³/h, que tienen efecto en el porcentaje de sólidos alimentado.

En la figura 8 se observa la medida de calibración de la densidad del agua antes de determinar la densidad de pulpa relave en la entrada de alimentación al espesador de lodos de alta densidad (DCT).

Figura 8. Control de la densidad del agua con el densímetro



Fuente. Fotografía tomada en planta DCT

4.1.2. Determinación de la gravedad específica del relave.

Con la muestra obtenida de relave, se secó aproximadamente 200 g en una bandeja en el horno de secado de muestra, este consistió en un secado de 105 °C.

Secado la muestra se procedió a retirar 15 g de muestra para llenarlo a la fiola de 250 ml, y enseguida se adicionó agua hasta la mitad y se procedió agitarlo. Previo a esto se determinó el peso de la fiola, también se pesó la fiola conteniendo el agua.

En las siguientes líneas presentamos los cálculos realizados en la determinación de la gravedad específica del relave.

Datos:

Peso de la fiola	82,0 g
Peso de la fiola + agua	277,83 g
Peso de agua = $277.83 - 82 =$	195,83 g
Peso de Mineral (seco o húmedo)	15,0 g
Peso de la fiola + mineral	97,0 g
Peso de la fiola + mineral + agua	298 g
Volumen o peso de agua ($298 - 97$)	201,0 g (ml)
Volumen de agua = $201 - 195.83$	5,17 ml

Peso específico del mineral = $15/5.17$ 2,90

Figura 9. Pesaje de relave por el método de la fiola



Fuente. Fotografía tomada en laboratorio

En la figura 9 se observa la determinación del peso de la fiola + mineral + agua en una balanza electrónica

4.1.3. Determinación del análisis granulométrico de relave

Esta prueba consistió en determinar la granulometría de relave. El procedimiento es la siguiente: se pesó 500 g de relave seco y se cargó al juego de tamices seleccionado y seguidamente se llevó al Rot-Tap para el tamizaje respectivo durante 10 min. A continuación, se presenta el análisis granulométrico de la prueba.

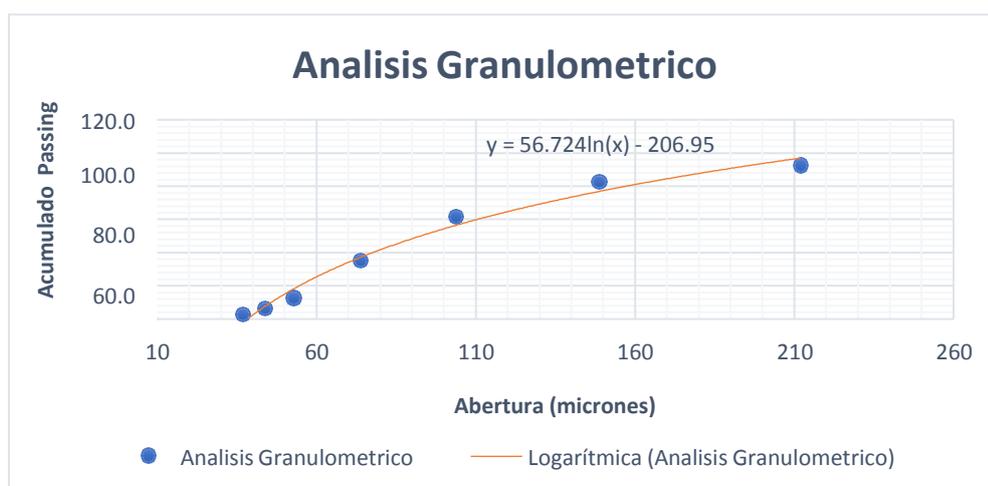
Tabla 4. Análisis granulométrico de relave

Malla	Abertura	Peso	% peso	Acum (+)	Acum (-)
70	212	39.5	7.90	7.90	92.10
100	149	49.7	9.94	17.84	82.16
140	104	103.4	20.68	38.52	61.48
200	74	133.7	26.74	65.26	34.74
270	53	112.2	22.44	87.70	12.30
325	44	31.2	6.24	93.94	6.06
400	37	18	3.60	97.54	2.46
-400	--	12.3	2.46	100.00	0.00
		500	100.00	D50	93 μ
				D80	157 μ

Nota. Datos tomados del pesaje por mallas

A continuación, presentamos la curva grafica del análisis granulométrico de relave de la planta DCT.

Figura 10. Curva de distribución granulométrica de relave



Fuente. La figura muestra los porcentajes acumulados según abertura de malla

De la figura se determina que el diámetro de partícula de relave D80 son menores a los 157 micrones y el D50 nos indica que el 50% de las partículas son menores a 93 micrones y el otro 50% son mayores a 93 micrones.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Prueba de sedimentación a nivel laboratorio sin floculante

A continuación, se presenta los resultados de las pruebas de sedimentación realizadas en laboratorio metalúrgico, en probeta de 1 L.

Tabla 5. Tiempo de sedimentación

18% Sólidos			
Tiempo (min)	Altura (cm)	Tiempo (min)	Altura (cm)
0	35,70	26	11,00
1	34,00	28	10,30
2	33,30	30	9,00
3	32,40	32	9,30
4	31,40	34	9,00
5	30,30	36	8,80
6	29,50	38	8,60
7	28,30	40	8,50
8	27,60	45	8,30
9	26,50	50	8,10
10	25,60	55	8,00
12	23,50	60	7,80
14	21,50	80	7,50
16	20,00	85	7,40
18	18,20	90	7,30
20	16,40	100	7,10
22	14,60	110	6,90
24	12,80	120	6,80

En la tabla 5 se observa la velocidad de sedimentación de las partículas, sin la adición de floculante, en los primeros minutos, la velocidad de sedimentación es más rápida variando casi en un centímetro en promedio la altura, hasta el minuto 10, de allí para adelante la sedimentación se realiza más lenta, variando el tiempo cada 2 minutos hasta el minuto 40, punto crítico de compactación donde la sedimentación se realiza de forma más lenta alcanzando una altura de cama de 6,80 cm en 120 minutos, y una velocidad de 0,71 cm/min.

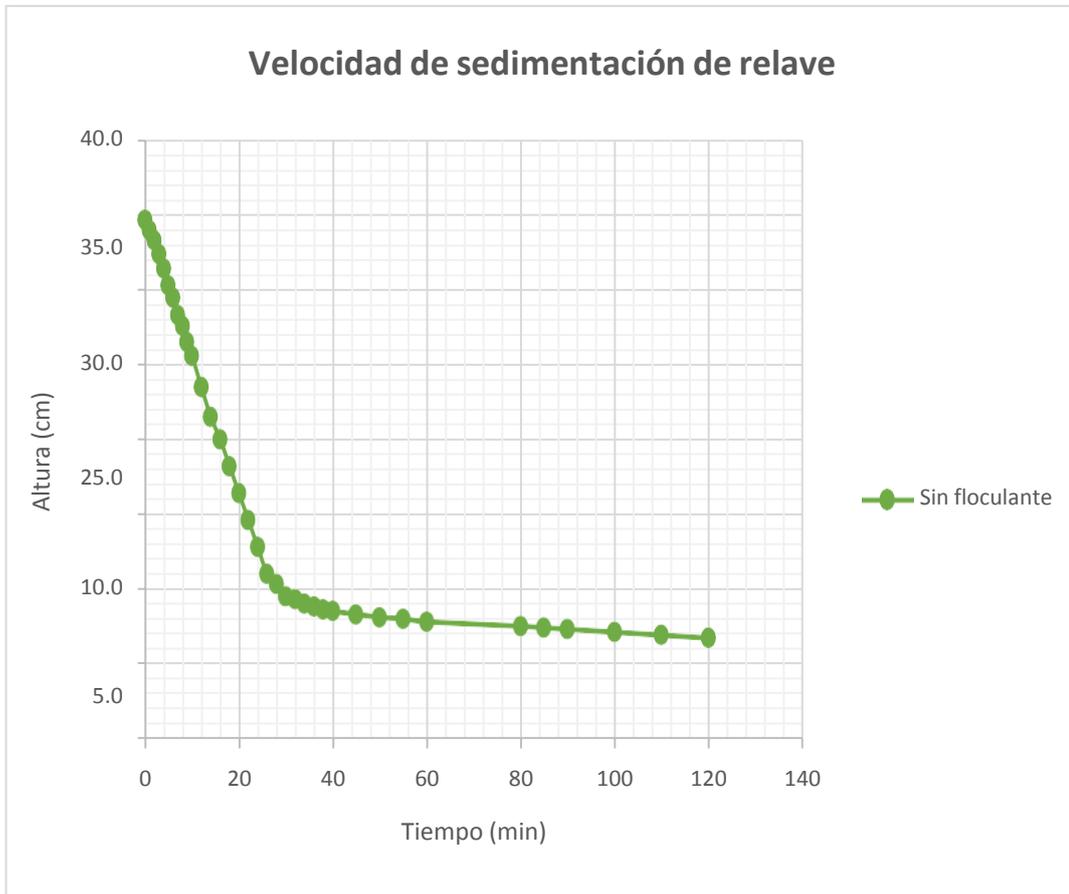
Figura 11. Sedimentación en probetas de 1 litro



Fuente. Imagen tomada de las pruebas experimentales

A continuación, presentamos la curva de sedimentación de la prueba experimental.

Figura 12. Curva de velocidad de sedimentación



Fuente. La imagen representa la velocidad de sedimentación de relave

En la figura se aprecia la curva de sedimentación de relave y el punto crítico de del inicio de compactación que alcanza una altura de 6,80 cm.

4.2.2. Prueba de sedimentación con floculante

Esta prueba consistió en realizar una comparación de la velocidad de sedimentación con la misma dosificación del floculante que actualmente utilizan en la planta DCT de 28,42 g/T. Para ello se preparó los dos tipos de floculantes al 0,012%. A continuación, se observa en la tabla 6 las pruebas de sedimentación.

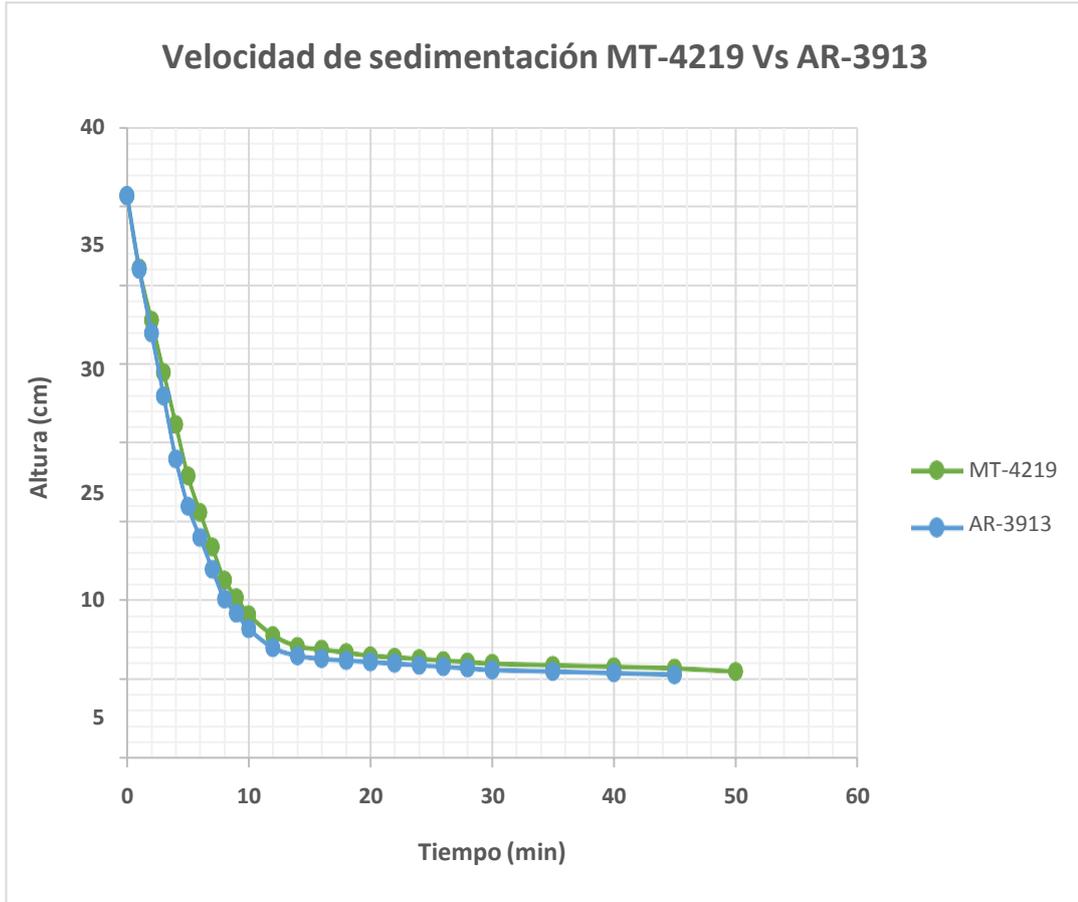
Tabla 6. Comparación de la velocidad de sedimentación con floculantes

MT 4219		AR 3913	
Tiempo (min)	Altura(cm)	Tiempo (min)	Altura(cm)
0	34,7	0	34,7
1	31,1	1	31,0
2	27,8	2	27,0
3	24,5	3	23,0
4	21,2	4	19,0
5	17,9	5	16,0
6	15,6	6	14,0
7	13,4	7	12,0
8	11,3	8	10,1
9	10,2	9	9,2
10	9,1	10	8,2
12	7,8	12	7,0
14	7,1	14	6,5
16	6,9	16	6,3
18	6,7	18	6,2
20	6,5	20	6,1
22	6,4	22	6,0
24	6,3	24	5,9
26	6,2	26	5,8
28	6,1	28	5,7
30	6,0	30	5,6
35	5,9	35	5,5
40	5,8	40	5,4
45	5,7	45	5,3
50	5,5	-	-
55	5,4	-	-

Fuente. Datos tomados de la observación de la sedimentación

En la tabla 6 observamos la velocidad de sedimentación con el floculante AR-3913 es más rápido en comparación con la velocidad de sedimentación con el floculante MT-4219, esto nos da a entender que el floculante AR-3913 aglomera mejor las partículas finas de relave y alcanza un mayor peso específico de sedimentación, alcanzando una altura de compactación de 5,3 cm, en comparación del floculante MT-4219 que solo alcanza 5,4 cm con un tiempo de diferencia de 10 min.

Figura 13. Comparación de la velocidad de sedimentación



En la figura se observa la curva de sedimentación de partículas de relave, utilizando los dos tipos de floculantes, donde se evidencia que, la altura de compactación alcanzada es de 5,3 cm con el floculante AR-3913, además lo realiza en menos tiempo.

4.2.3. Prueba industrial con el AR-3913

Con las dosis de floculante obtenido se planifico para la realización de las pruebas industriales a nivel planta a fines del mes de agosto, teniendo los resultados siguientes:

Tabla 7. Control de alimentación de relave y descarga

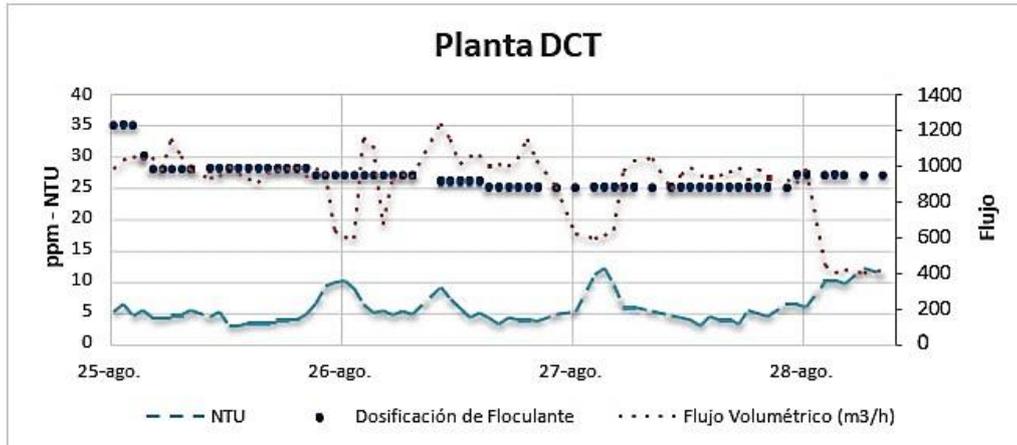
Fecha	Densidad de Ingreso (g/t)	Flujo Volumétrico (m ³ /h)	Nivel Espejo H ₂ O/m	pH	NTU	Dosificación de Floculante	Densidad de Descarga	%Sol de ingreso	Flujo Másico	%Sol Salida
25-8-21 8:00 PM	1120	927,41	9,2	8,08	4,3	28	1820	16,35	169,86	68,77
25-8-21 10:00 PM	1130	994,82	9,2	8,92	2,98	28	1880	17,56	197,39	71,44
26-8-21 12:00 AM	1140	925,44	9,2	8,96	3,39	28	1870	18,74	197,75	71,01
26-8-21 2:00 AM	1140	955,16	9,2	8,97	3,41	28	1890	18,74	204,10	71,87
26-8-21 4:00 AM	1160	977,39	9,2	8,9	4,05	28	1890	21,05	238,69	71,87
26-8-21 6:00 AM	1130	932,5	9,2	8,92	4,83	28	1840	17,56	185,03	69,68
26-8-21 8:00 AM	1150	961,2	9,2	8,92	9,23	27	1820	19,91	220,06	68,77
26-8-21 10:00 AM	1110	601,2	9,2	8,95	10,1	27	1830	15,13	100,94	69,23
26-8-21 12:00 PM	1190	1152,7	9,2	9,07	6,23	27	1820	24,37	334,28	68,77
26-8-21 2:00 PM	1110	670,22	9,2	9,34	5,28	27	1830	15,13	112,53	69,23
26-8-21 4:00 PM	1140	950,01	9,6	9,61	5,18	27	1860	18,74	203,00	70,57
26-8-21 8:00 PM	1230	1230,91	10,3	9,8	9,06	26	1790	28,54	432,11	67,36
26-8-21 10:00 PM	1110	1006,13	10,5	9,75	5,64	26	1820	15,13	168,92	68,77
27-8-21 12:00 AM	1110	1058,4	10,4	9,9	4,86	26	1850	15,13	177,70	70,13
27-8-21 2:00 AM	1120	1004,1	10	9,59	3,08	25	1840	16,35	183,91	69,68
27-8-21 4:00 AM	1130	1032,4	9,6	9,47	3,82	25	1860	17,56	204,85	70,57
27-8-21 6:00 AM	1130	1025,31	9,5	9,31	3,77	25	1740	17,56	203,44	64,91
27-8-11 8:00 AM	1120	878,79	9,4	9,4	4,83	25	1710	16,35	160,96	63,37
27-8-21 10:00 AM	1120	613,12	9,4	9,65	5,28	25	1710	16,35	112,30	63,37
27-8-21 12:00 PM	1120	587,2	9,6	9,48	11,04	25	1720	16,35	107,55	63,89
27-8-21 2:00 PM	1100	633,28	9,5	9,56	9,41	25	1750	13,88	96,66	65,41
27-8-21 4:00 PM	1140	1021,8	9,5	9,49	5,89	25	1750	18,74	218,34	65,41
27-8-21 6:00 PM	1190	1037,8	9,5	9,47	5,28	25	1760	24,37	300,96	65,91
27-8-21 8:00 PM	1140	863,27	9,6	9,51	4,53	25	1810	18,74	184,47	68,30
27-8-21 10:00 PM	1170	987,4	9,5	9,54	3,89	25	1700	22,18	256,20	62,85
28-8-21 12:00 AM	1130	944,61	9,5	9,45	4,42	25	1760	17,56	187,43	65,91
28-8-21 2:00 AM	1170	956,38	9,5	9,56	3,98	25	1720	22,18	248,16	63,89
28-8-21 4:00 AM	1150	908,5	9,4	9,45	5,3	25	1730	19,91	208,00	64,41
28-8-21 6:00 AM	1150	934,49	9,3	9,47	4,37	25	1810	19,91	213,95	68,30
28-8-21 8:00 AM	1130	921,76	9,3	9,46	6,35	25	1780	17,56	182,90	66,88
28-8-21 10:00 AM	1160	984,92	9,3	9,39	5,89	27	1750	21,05	240,53	65,41
28-9-21 12:00 PM	1160	440,24	8,4	9,4	10,07	27	1790	21,05	107,51	67,36
28-8-21 2:00 PM	1140	415,2	8,4	9,41	9,52	27	1780	18,74	88,72	66,88
28-8-21 4:00 PM	1140	400,28	8,6	9,58	12,04	27	1770	18,74	85,53	66,40
28-8-21 6:00 PM	1180	413,09	8,4	8,56	11,11	27	1720	23,28	113,49	67,91
Promedio	1141,71	867,07	9,37	9,32	6,07	26,17	1793,43	18,87	189,95	67,56

Fuente. Datos tomados del control de parámetros de alimentación y descarga del espesador DCT

De la tabla 7 como se muestra a continuación, el flujo de alimentación al DCT fue muy variable, esto se debe a que diversos factores propios de la operación de planta victoria (adición de aceros en molinos, paro de líneas de bombeo, mantenimiento de bombas, falta de mineral etc), así como, desviación de flujos en planta DCT.

Tomando esto en consideración, la claridad del rebose en el espesador se mantuvo en un promedio 6,07 NTU dentro de los parámetros operacionales. Además, el porcentaje promedio de sólidos en la descarga del espesador es 67,56 %S, siendo una buena pasta de relave. Y el consumo promedio de floculante AR-3913 es de 26,17 g/T que se redujo con respecto al floculante MT- 4219.

Figura 14. Parámetros de control en el DCT



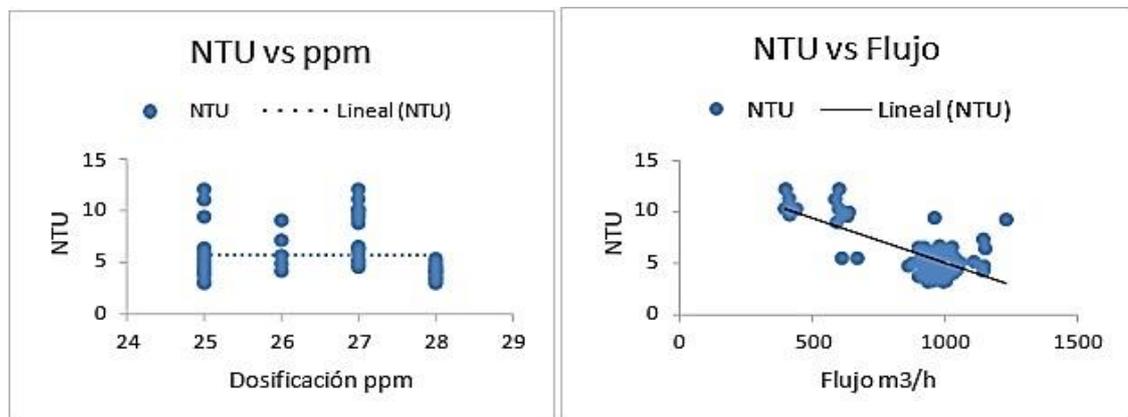
Fuente. Los datos son obtenidos de operación del espesador

De la figura 14, se observa que el flujo volumétrico es demasiado variable, esto debido condiciones propias de operación. Además, la dosificación de floculante es variable debido a que al inicio de las pruebas se empezó con alta dosificación de 35 g/T y lográndose estabilizar en un promedio de 26,17 g/T y la turbiedad del rebose se mantuvo en un promedio de 6,07 NTU

Durante la prueba se probó reducir la dosificación hasta 25 ppm, este cambio no afectó significativamente la turbidez.

Se pudo observar, que, durante el cambio de flujo de alimentación, que el floculante AR-3913 obtiene mejores resultados a mayor caudal, y por tanto a mayor flujo másico, menor turbidez.

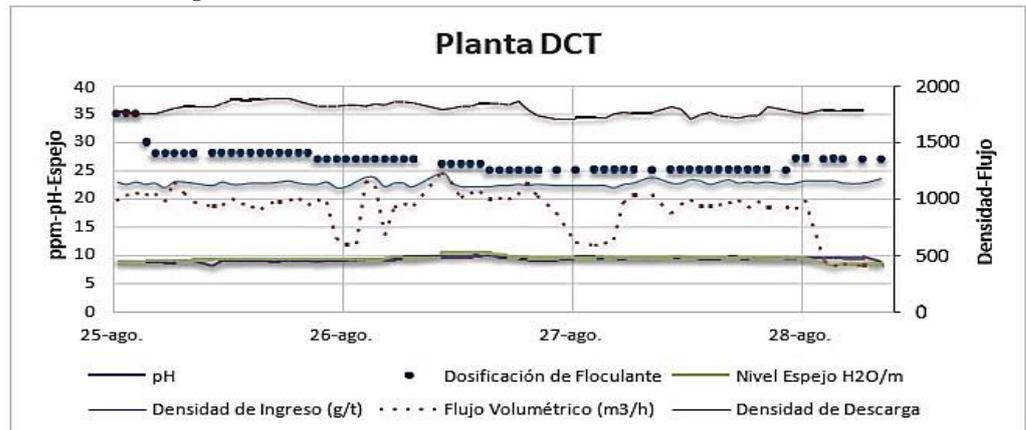
Figura 15. Parámetros de control en el DCT



Fuente. Los datos son obtenidos de operación del espesador

En la figura 15, se observa que cuando se mantuvo la dosificación del floculante AR- 3219 en 26 ppm la turbidez llego a 8 NTU y cuando se incrementó a 28 ppm se mantuvo por debajo de 5 NTU. Además, observamos que cuando se incrementó el flujo de alimentación al espesador de 900 a 1200 m³/h las medidas de turbidez se mantuvo más estable en 7 UNT

Figura 16. Parámetros de control en el DCT



Fuente. Los datos son obtenidos de operación del espesador

En la figura 16, la densidad de descarga se mantuvo dentro de los límites de la operación (62-72 %Sol) tomando en cuenta las variaciones de alimentación debido a trabajos de mantenimiento mecánico en planta concentradora (paradas de molinos, parada de bombas, desviación de flujos, etc.).

4.3. Prueba de Hipótesis

Las hipótesis científicas se someten a prueba empírica para determinar si son apoyadas o refutadas de acuerdo a lo que el investigador observa. En consecuencia, se procede a formular la hipótesis de investigación y la correspondiente hipótesis estadística.

4.3.1. Hipótesis de investigación

Hipótesis Nula (H₀)

El floculante AR-3913 no mejora la velocidad de sedimentación de relave de la planta DCT de la Unidad de producción Carahuacra – Yauli 2021

Hipótesis Alternativa (H₀)

El floculante AR-3913 mejora la velocidad de sedimentación de relave de la planta DCT de la Unidad de producción Carahuacra – Yauli 2021

4.3.2. Prueba de Hipótesis

Se demuestra la hipótesis estadística planteado con los valores obtenidos del % sólidos de la descarga del underflow de la tabla 8.

$$H_0: \mu = 65 \%S$$

$$H_1: \mu > 65 \%S$$

Tabla 8. Porcentajes de sólidos en el Underflow del espesador

N° Pruebas	% S	N° Pruebas	% S
1	68,77	16	70,57
2	71,44	17	64,91
3	71,01	18	63,37
4	71,87	19	63,37
5	71,87	20	63,89
6	69,68	21	65,41
7	68,77	22	65,41
8	69,23	23	65,91
9	68,77	24	68,30
10	69,23	25	62,85
11	70,57	26	65,91
12	67,36	27	63,89
13	68,77	28	64,41
14	70,13	29	68,30
15	69,68	30	66,88

Nivel de significancia

$$\alpha = 0,01$$

Estadístico de prueba

$$\bar{Y} = 67.68$$

$$K = 65 \%S$$

$$S^2 = 7,80$$

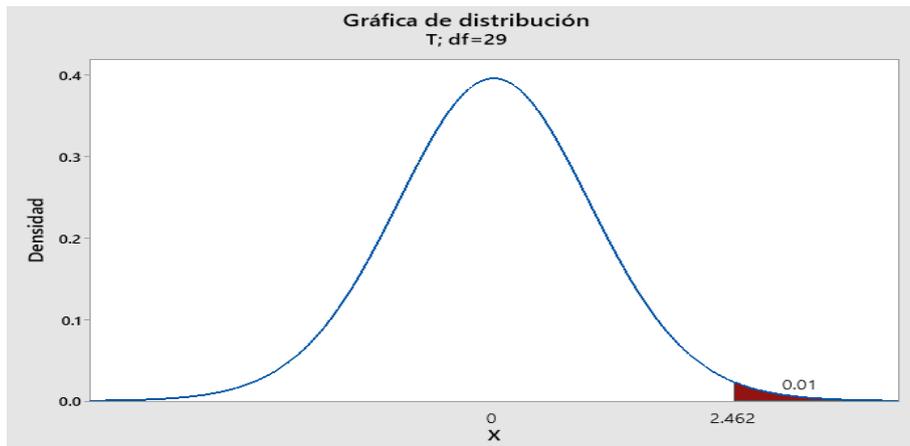
$$n = 30$$

$$t_c = \frac{\bar{Y} - k}{\sqrt{S^2/n}}$$

$$t_c = \frac{67,68 - 65}{\sqrt{7,80/29}} = 5,26$$

Valor de decisión: (Si $t_c > t_t$ se acepta la H_a)

$t_c > t_t$ reemplazando valores $5,26 > 2,04$



Como 5,26 es mayor que 2,04 se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.

Decisión

Se acepta la Hipótesis Alterna

Conclusión

Existe suficiente evidencia para afirmar que el floculante AR-3913 mejora la velocidad de sedimentación de relave de la planta DCT de la Unidad de producción Carahuacra, con 95% de significancia.

4.4. Discusión de resultados

A partir de las evidencias encontrados aceptamos la hipótesis alterna que establece que el floculante AR-3913 mejora la velocidad de sedimentación de relave de la planta DCT de la Unidad de producción Carahuacra

Las pruebas realizadas a nivel de laboratorio nos indica que el floculante AR-3913 aglomera mejor las suspensiones sólidas de relave teniendo una velocidad promedio de sedimentación de 2,38 cm/min, en comparación con la velocidad de sedimentación promedio del floculante MT-4219 que es de 2,12 cm/min. Según Kinch en este método experimental, solamente es necesario un ensayo con una pulpa cuya concentración sea la de alimentación al decantador. Se basa en la hipótesis de que la velocidad de sedimentación de una partícula es función de la concentración local de sólidos únicamente. Al respecto Fuenzalida (2017) manifiesta que los problemas de las partículas finas que tienen velocidad de sedimentación muy baja, se solucionan adicionando floculante, los que aglomeran las partículas finas, además la cantidad de adición de floculante depende del tipo de mineral y la distribución de tamaño que ingresa al equipo.

Las pruebas industriales realizadas nos muestran que si es posible trabajar con una densidad de alimentación promedio de 1 141 g/T siendo esto 18,8 % de sólidos, con el control del rebose con un promedio de 9,32 NTU y la descarga del underflow en 67,56% de sólidos; si bien es cierto que en las operaciones continuas el control del flujo de alimentación es variable y por ende influye en la dosificación del floculante AR-3913, pero se logra mantener los parámetros de turbidez en los rangos especificados menores de 12,35 NTU (operacional) y el underflow entre 62% – 70% sólidos). Al respecto Gasos et. al (1957) manifiesta que “en las sedimentaciones industriales no se cumplen muchas de las hipótesis hechas, ya que, entre otras circunstancias, las partículas no son esféricas sino de formas irregulares, hay interferencias entre ellas produciéndose la llamada sedimentación impedida, y se produce muchas veces su inoculación, es decir, la unión de varias de ellas para dar un conglomerado que se comporta como una partícula”. pag 8

CONCLUSIONES

De las pruebas de experimentales con el floculante AR-3913 se determinó que la velocidad de sedimentación promedio es de 2,38 cm/min, lográndose una altura de compactación de 5,3 cm para un tiempo de 45 min. Las pruebas con el floculante MT-4219 alcanza una velocidad de sedimentación promedio de 2,12 cm/min, y tiene una altura de compactación de 5,4 cm que se logró en 55 minutos.

De las pruebas experimentales a nivel industrial con el floculante AR-3913 se obtuvieron 67,57% porcentaje de sólidos y una turbiedad de 6,07 NTU lográndose mejorar la descarga en el underflow en 2,82% de sólidos y en el rebose reducir la turbiedad en 2,32 NTU. A continuación, se presenta los parámetros de operación en el DCT.

DCT.

- Densidad de alimentación se mantuvo en 1141, 71 g/T
- % sólidos alimentación 18,67
- Flujo volumétrico 867,07 m³/h
- Nivel de espejo de H₂O/m 9,37
- pH 9,32
- Dosificación de floculante 26,17 ppm
- Densidad de descarga 1793,43 g/T
- Flujo masico 189,95

:

RECOMENDACIONES

- Realizar las pruebas industriales un mes más, para mejorar el rendimiento del proceso y optimizar el rendimiento del floculante AR-3913.
- Seguir realizando pruebas de sedimentación a nivel de laboratorio, para reducir los costos por dosificación de floculante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. G. (2006). *El proyecto de investigación: Introducción a la Metodología* (6th ed.).
https://issuu.com/fidiasgerardoarias/docs/fidias_g._arias._el_proyecto_de_inv
- Bravo Galvez, A. (2003). Manual de molienda y clasificación de minerales. Planta concentradora, 4.
- Calancha Mamani, M. L. (2018). *Evaluación de la cinética de sedimentación y precipitación de metales para optimizar el tratamiento de pulpa de relaves de la Unidad Minera San Rafael Puno – Perú*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Carrasco Díaz, S. (2005). *Metodología de la investigación científica : pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación*.
- Chemical, D. (1998). Manual de Productos Químicos para Minería. Reactivos de Minería, 56.
- Farfán et al. (2010). *Aspectos geológicos del skarn Rondoni, Región Huánuco*. XV congreso peruano de geología - Perú
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (S. A. D. C. . McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES (ed.); Sexta).
- Pacopía Mamani, S. (2017). *INVESTIGACION PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FLOTACIÓN PARA MINERALES POLIMETÁLICOS DE Pb-Ag-Zn CON PRESENCIA DE PIRROTITA*. Tesis de Pre Grado , 74
- Valdivia Tito, L. (2015). *EVALUACIÓN DEL PROCESO DE FLOTACIÓN DE MINERALES DE TORUNA DE LA CIA. VOLCAN S.A.A. Tesis de Pre Grado (UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN - AREQUIPA) , 90*
- Vera Abara, F. K. (2019). *Aumento de porcentaje de sólido de descarga de los espesadores de relave a través de metodología full potencial en minería de los pelambres*. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/338>

ANEXOS

Instrumento de Recolección de datos

- **Datos pre-prueba.**

Fecha	Densidad del Ingreso (g/t)	Porcentaje de sólidos	Flujo Volumétrico (m ³ /h)
17-3-21 10:00 AM	1100	17,55	994,82
17-3-21 11:00 AM	1080	17,55	952,22
17-3-21 12:00 PM	1080	16,35	925,44
17-3-21 1:00 PM	1130	17,55	927,41
17-3-21 2:00 PM	1080	18,74	925,44
17-3-21 3:00 PM	1100	13,87	968,90
17-3-21 4:00 PM	1100	17,55	994,82
17-3-21 5:00 PM	1100	17,55	994,82
17-3-21 6:00 PM	1140	18,74	970,40
17-3-21 8:00 PM	1080	16,35	927,41
17-3-21 9:00 PM	1100	13,87	936,40
17-3-21 10:00 PM	1080	17,55	994,82
17-5-21 11:00 PM	1130	17,55	952,22
18-3-21 12:00 AM	1080	13,87	925,44
18-3-21 1:00 AM	1080	13,87	925,44
18-3-21 2:00 AM	1080	13,87	925,44

- **Datos pre-prueba.**

Fecha	Densidad del Ingreso (g/t)	Porcentaje de sólidos	Flujo Volumétrico (m ³ /h)
27-5-21 10:00 AM	1150	19,90	979,30
27-5-21 11:00 AM	1130	17,55	1027,20
27-5-21 12:00 PM	1150	19,90	1048,70
27-5-21 1:00 PM	1130	17,55	1031,50
27-5-21 2:00 PM	1140	18,74	1043,90
27-5-21 3:00 PM	1100	13,87	968,90
27-5-21 4:00 PM	1150	19,90	1146,20
27-5-21 5:00 PM	1150	19,90	1051,10
27-5-21 6:00 PM	1140	18,74	970,40
27-5-21 8:00 PM	1120	16,35	927,41
27-5-21 9:00 PM	1150	19,90	936,40
27-5-21 10:00 PM	1130	17,55	994,82
27-5-21 11:00 PM	1130	17,55	952,22
28-5-21 12:00 AM	1140	18,74	925,44
28-5-21 1:00 AM	1140	18,74	902,34
28-5-21 2:00 AM	1140	18,74	955,16

Procedimiento de validación y confiabilidad



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA
METALURGICA

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO “JUICIO DE EXPERTOS”

I. DATOS PERSONALES

- a. **APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO:** LAURENTE AMBROCIO, ACBOR BENOBÍ ONAM
- b. **GRADO O TÍTULO PROFESIONAL:** INGENIERO
- c. **CARGO E INSTITUCIÓN DONDE LABORA:** INDEPENDIENTE
- d. **TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:** “MEJORAMIENTO DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DEL RELAVE CON EL FLOCULANTE AR-3913 DE LA PLANTA DCT- UNIDAD DE PRODUCCIÓN CARAHUACRA – YAULI- 2021”
- e. **AUTOR DEL INSTRUMENTO:** Bach. Marbin Angelo Alejandro LAURENTE AMBROCIO
- f. **NOMBRE DEL INSTRUMENTO:** FICHAS DE OBSERVACIÓN

II. ASPECTOS DE EVALUACIÓN

Después de haber leído las matrices de consistencias de variables; y analizando los ítems del instrumento correspondiente lea Ud. Las siguientes preguntas, dándole un puntaje para su validez marcando los números de puntaje del cuadro según considere (1. Completamente en desacuerdo 2. En desacuerdo 3. De acuerdo 4. Completamente de acuerdo)

N°	Indicadores/Criterios: Preguntas	1	2	3	4	Observaciones
1	Claridad: Está formulado con lenguaje apropiado				x	
2	Objetividad: Esta expresado en conductas observadas				x	
3	Actualidad: ¿El instrumento de recolección de datos mide correctamente los indicadores?				x	
4	Organización: ¿Existe una organización lógica entre (variables e indicadores)?				x	
5	Suficiencia: ¿Los instrumentos son suficientes para las mediciones de todos los indicadores?				x	
6	Intencionalidad: Es adecuado para valorar aspectos sobre la comprensión espacial en relación a las capacidades de define, identifica, señala y ubica				x	
7	Consistencia: ¿Los objetivos y variables están formulados de forma que puedan ser medibles y comprobados?				x	
8	Coherencia: ¿Hay coherencia entre las variables, dimensiones e indicadores?				x	
9	Metodología: ¿La estrategia responde al propósito de la investigación?				x	
10	Actualidad: ¿Es adecuado el avance de la ciencia y tecnología y la experiencia del tesista?				x	
	TOTAL			-	32	
	TOTAL GENERAL				40	

Opinión de aplicabilidad: Ninguno


INTERANDINA GRUAS Y TRANSPORTES S.R.L.
RUC.: 20600470907
Ing. Acbor Laurente Ambrocio
GERENTE GENERAL



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA
METALURGICA

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO “JUICIO DE EXPERTOS”

I. DATOS PERSONALES

- a. **APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO:** ALANIA RICALDI, PIT FRANK
- b. **GRADO O TÍTULO PROFESIONAL:** MAESTRO
- c. **CARGO E INSTITUCIÓN DONDE LABORA:** UNDAC
- d. **TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:** “MEJORAMIENTO DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DEL RELAVE CON EL FLOCULANTE AR-3913 DE LA PLANTA DCT– UNIDAD DE PRODUCCIÓN CARAHUACRA – YAULI- 2021”
- e. **AUTOR DEL INSTRUMENTO:** Bach. Marbin Angelo Alejandro LAURENTE AMBROCIO
- f. **NOMBRE DEL INSTRUMENTO:** FICHAS DE OBSERVACIÓN

II. ASPECTOS DE EVALUACIÓN

Después de haber leído las matrices de consistencias de variables; y analizando los ítems del instrumento correspondiente lea Ud. Las siguientes preguntas, dándole un puntaje para su validez marcando los números de puntaje del cuadro según considere (1. Completamente en desacuerdo 2. En desacuerdo 3. De acuerdo 4. Completamente de acuerdo)

N°	Indicadores/Criterios: Preguntas	1	2	3	4	Observaciones
1	Claridad: Está formulado con lenguaje apropiado				x	
2	Objetividad: Esta expresado en conductas observadas				x	
3	Actualidad: ¿El instrumento de recolección de datos mide correctamente los indicadores?				x	
4	Organización: ¿Existe una organización lógica entre (variables e indicadores)?				x	
5	Suficiencia: ¿Los instrumentos son suficientes para las mediciones de todos los indicadores?				x	
6	Intencionalidad: Es adecuado para valorar aspectos sobre la comprensión espacial en relación a las capacidades de define, identifica, señala y ubica				x	
7	Consistencia: ¿Los objetivos y variables están formulados de forma que puedan ser medibles y comprobados?				x	
8	Coherencia: ¿Hay coherencia entre las variables, dimensiones e indicadores?				x	
9	Metodología: ¿La estrategia responde al propósito de la investigación?				x	
10	Actualidad: ¿Es adecuado el avance de la ciencia y tecnología y la experiencia del tesista?				x	
	TOTAL				40	
	TOTAL GENERAL				40	

Opinión de aplicabilidad: Ninguna


Pit Frank ALANIA RICALDI
Ingeniero de Sistemas y Computación
CIP: 174912



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA
METALURGICA

FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO “JUICIO DE EXPERTOS”

I. DATOS PERSONALES

- a. **APELLIDOS Y NOMBRES DEL EXPERTO:** RAMON VICENTE, LILIANA MADELEINE
- b. **GRADO O TÍTULO PROFESIONAL:** INGENIERO
- c. **CARGO E INSTITUCIÓN DONDE LABORA:** INDEPENDIENTE
- d. **TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:** “MEJORAMIENTO DE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DEL RELAVE CON EL FLOCULANTE AR-3913 DE LA PLANTA DCT- UNIDAD DE PRODUCCIÓN CARAHUACRA – YAULI- 2021”
- e. **AUTOR DEL INSTRUMENTO:** Bach. Marbin Angelo Alejandro LAURENTE AMBROCIO
- f. **NOMBRE DEL INSTRUMENTO:** FICHAS DE OBSERVACIÓN

II. ASPECTOS DE EVALUACIÓN

Después de haber leído las matrices de consistencias de variables; y analizando los ítems del instrumento correspondiente lea Ud. Las siguientes preguntas, dándole un puntaje para su validez marcando los números de puntaje del cuadro según considere (1. Completamente en desacuerdo 2. En desacuerdo 3. De acuerdo 4. Completamente de acuerdo)

N°	Indicadores/Criterios: Preguntas	1	2	3	4	Observaciones
1	Claridad: Está formulado con lenguaje apropiado				x	
2	Objetividad: Esta expresado en conductas observadas				x	
3	Actualidad: ¿El instrumento de recolección de datos mide correctamente los indicadores?			x		
4	Organización: ¿Existe una organización lógica entre (variables e indicadores)?			x		
5	Suficiencia: ¿Los instrumentos son suficientes para las mediciones de todos los indicadores?			x		
6	Intencionalidad: Es adecuado para valorar aspectos sobre la comprensión espacial en relación a las capacidades de define, identifica, señala y ubica				x	
7	Consistencia: ¿Los objetivos y variables están formulados de forma que puedan ser medibles y comprobados?				x	
8	Coherencia: ¿Hay coherencia entre las variables, dimensiones e indicadores?				x	
9	Metodología: ¿La estrategia responde al propósito de la investigación?				x	
10	Actualidad: ¿Es adecuado el avance de la ciencia y tecnología y la experiencia del tesista?				x	
	TOTAL			12	32	
	TOTAL GENERAL				40	

Opinión de aplicabilidad: Los instrumentos son aplicables para el estudio requerido

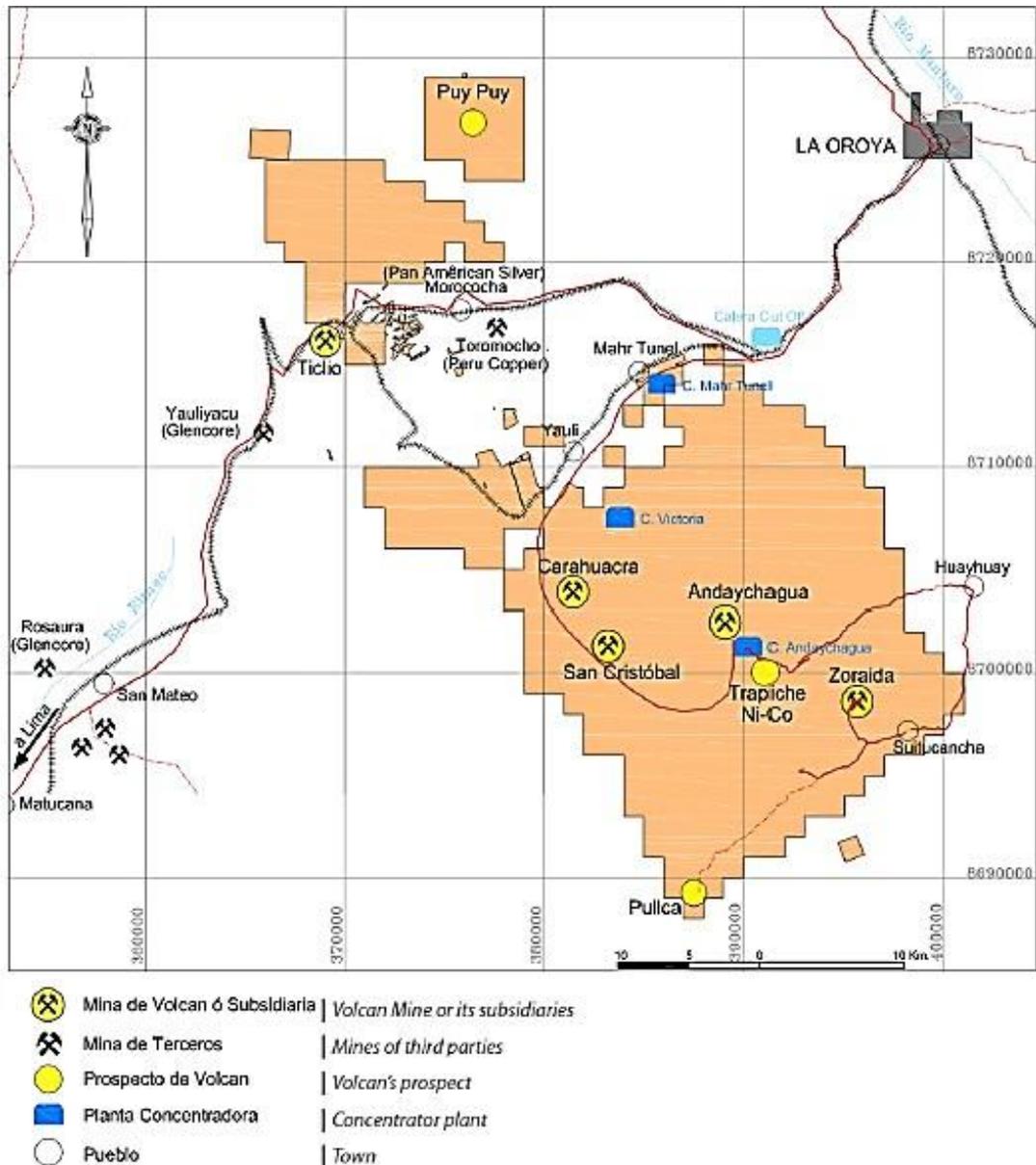
RAMON VICENTE, Liliana M.

Matriz de Consistencia

Tema: Mejoramiento de la velocidad de sedimentación del relave con el floculante AR-3913 de la planta DCT– Unidad de Producción Carahuacra – Yauli- 2021.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES DEPENDIENTE	METODOLOGIA
¿Cómo mejorar la velocidad de sedimentación del relave con el floculante AR- 3913 de la planta DCT de la Unidad de Producción Carahuacra-Yauli 2021?	Mejorar la velocidad de sedimentación del relave con el floculante AR-3913 de la planta DCT de la Unidad de Producción Carahuacra-Yauli 2021.	Con el floculante AR-3913 se mejora la velocidad de sedimentación del relave de la planta DCT de la Unidad de Producción Carahuacra-Yauli 2021.	Mejoramiento de la sedimentación del relave de la planta DCT	Tipo de la Investigación. Aplicada Diseño de la Investigación. El diseño de investigación SE aplica es experimental, y que se realizó en primer lugar eligiendo el punto de muestreo, de la alimentación al espesador DCT y control de la descarga del Underflow, como también del reboso.
ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	INDEPENDIENTE	Métodos de investigación
¿Cómo el floculante AR-3913 mejora la sedimentación de partículas de relave versus el floculante MT - 4219? ¿Cómo realizar prueba industrial con el floculante seleccionado en la planta DCT para determinar el porcentaje de descarga y NTU?	Realizar pruebas de sedimentación con el floculante AR-3913 para determinar la velocidad de sedimentación versus al MT-4219. Realizar prueba industrial con el AR-3913 en la planta DCT para determinar el porcentaje de descarga y NTU.	Con las pruebas de sedimentación con el floculante AR-3913 se determinará la velocidad de sedimentación versus el floculante MT 4219. Realizando pruebas a nivel industrial con el floculante seleccionado se determinará la eficiencia de operación del espesador de DCT.	Dosificación del floculante AR 3913.	Población Como población de estudio está considerado el relave que ingresa al espesador DCT (espesador de alta densidad), producto del procesamiento de minerales de la planta concentradora Victoria de Marh Túnel. Muestra La muestra está constituida por la cantidad de muestra obtenida durante el muestreo incremental, que consiste en un muestrear cada 20 min. El muestreador tipo copa en cada muestreo carga aproximadamente 0,334 litros, conteniendo aproximadamente 61,1 gr de sólidos. El muestreo se realiza durante 16 horas, haciendo un total de 48 muestreos.

Ubicación de la planta victoria en Carahuacra



Fotografías



Fotografía 1. Rebose de Espesador



Fotografía 2. Medición de Nivel de Agua Clara



Fotografía 3. Medición de Underflow de espesador