

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Eficiencia de dos coagulantes alternativos en la
calidad del tratamiento de agua potable en la
PTAP del proyecto minero Quellaveco, 2023**

Marly Adela Areca Peralta

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Moquegua, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Jose Vladimir Cornejo Tueros
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 16 de Marzo de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Eficiencia de dos coagulantes alternativos en la calidad del tratamiento del agua potable en la PTAP del proyecto minero Quellaveco, 2023

Autores:

1. Marly Adela Areca Peralta – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas :10 SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

ÍNDICE

Agradecimiento	iii
Dedicatoria	iv
Resumen	ix
Abstract	x
Introducción	1
Capítulo I: Planteamiento del estudio	3
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	3
1.1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.1.2 Formulación del problema	5
1.2 Objetivos.....	6
1.2.1 Objetivo general	6
1.2.2 Objetivos específicos	6
1.3 Justificación	6
1.3.1 Teórica	6
1.3.2 Práctica.....	6
1.3.3 Social	7
1.4 Limitaciones de la investigación.....	7
1.5 Hipótesis	7
1.5.1 Hipótesis general	7
1.5.2 Hipótesis nula.....	8
1.6 Hipótesis específicas	8
1.7 Operacionalización de variables	9
Capítulo II: Marco teórico	10
2.1 Antecedentes del problema.....	10
2.1.1 Antecedentes internacionales	10
2.1.2 Antecedentes nacionales	13
2.2 Fundamento teórico.....	15
2.2.1 Coagulantes alternativos	15
2.2.2 Agua potable	17
2.2.3 Parámetros de calidad del agua potable.....	19

Capítulo III: Metodología	21
3.1 Método, tipo y alcance de la investigación.....	21
3.1.1 Método de investigación.....	21
3.1.2 Tipo de investigación.....	21
3.1.3 Alcance de la investigación.....	21
3.1.4 Diseño de la investigación	22
3.2 Población y muestra	22
3.2.1 Población.....	23
3.2.2 Muestra	23
3.2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	24
Capítulo IV: Resultados y discusión	32
4.1 Resultados de las pruebas de jarra con PAC, Catfloc y análisis de la información.....	32
4.1.1 Prueba 01 con PAC.....	32
4.1.2 Prueba 02 con Catfloc.....	33
4.1.3 Prueba 03 con PAC.....	34
4.1.4 Prueba 04 con Catfloc.....	35
4.1.5 Ecuación para hallar el porcentaje de remoción de turbidez	38
4.2 Análisis estadístico de la información.....	42
4.2.1 Parámetro analizado	42
4.3 Prueba de hipótesis.....	48
4.3.1 Hipótesis estadísticas	48
4.3.2 Regla de decisión.....	49
4.3.3 Decisión	49
4.4 Discusión de resultados	50
Capítulo V: Conclusiones	52
Capítulo VI: Recomendaciones	54
Referencias bibliográficas	55
ANEXOS	58

Índice de Tablas

Tabla 1. Cuadro de operacionalización de variables.....	9
Tabla 2. Métodos de medición de parámetros físico-químicos.....	30
Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos iniciales del agua cruda para la prueba N°1 y N°2.....	32
Tabla 4. Resultados de la prueba de jarras N°1 con PAC al 1%.....	32
Tabla 5. Resultado de la prueba de jarras N°2 con Catfloc al 0.1%.....	33
Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos iniciales del agua cruda para la prueba N°3 y N°4.....	34
Tabla 7. Resultado de la prueba de jarras N°3 con PAC al 1%.....	35
Tabla 8. Resultado de la prueba de jarras N°4 con Catfloc al 0.1%.....	36
Tabla 9. Resumen de comparación de turbidez inicial y final lograda con PAC y Catfloc....	37
Tabla 10. Resumen de comparación de pH inicial y final lograda con PAC y Catfloc como parámetro de hallazgo 37	
Tabla 11. Comparación de % de remoción de turbidez final lograda con PAC y Catfloc.....	40
Tabla 12. Prueba de Normalidad: Shapiro-Wilk ($\alpha=0.05$) para la remoción de turbidez.....	43
Tabla 13. Prueba estadística de Kruskal-Wallis empleada para la remoción de turbidez.....	44
Tabla 14. Prueba estadística de U Mann-Whitney empleada para la remoción de turbidez de la prueba N°1 y N°2.....	44
Tabla 15. Prueba estadística de U Mann-Whitney empleada para la remoción de turbidez de la prueba N°1 y N°3.....	45
Tabla 16. Prueba estadística de U Mann-Whitney empleada para la remoción de turbidez de la prueba N°1 y N°4.....	46
Tabla 17. Prueba estadística de U Mann-Whitney empleada para la remoción de turbidez de la prueba N°2 y N°3.....	47
Tabla 18. Prueba estadística de U Mann-Whitney empleada para la remoción de turbidez de la prueba N°2 y N°4.....	47
Tabla 19. Prueba estadística de U Mann-Whitney empleada para la remoción de turbidez de la prueba N°2 y N°4.....	49

Índice de Figuras

Figura 1 .Muestras de agua cruda.....	10
Figura 2 . Datos de turbiedad del agua tratada en los primeros 5 días de la simulación.....	12
Figura 3 .Curva de Dosificación de Policloruro de Aluminio vs Turbiedad de A/C (junio).....	14
Figura 4 . Mapa de ubicación de la PTAP Quellaveco.....	23
Figura 5 . Mapa de ubicación de las muestras de agua.....	24
Figura 6 .Relación de los resultados de remoción de turbidez respecto a la dosis del coagulante en la prueba N°1.....	40
Figura 7 .Relación de los resultados de remoción de turbidez respecto a la dosis del coagulante en la prueba N°2.....	41
Figura 8 .Relación de los resultados de remoción de turbidez respecto a la dosis del coagulante en la prueba N°3.....	42
Figura 9 .Relación de los resultados de remoción de turbidez respecto a la dosis del coagulante en la prueba N°4.....	42

Resumen

La finalidad principal de este trabajo de investigación es determinar la eficiencia de cada coagulante alternativo en la calidad del tratamiento de agua potable en la PTAP del proyecto minero Quellaveco, 2023. Para ello se empleó el método hipotético-deductivo, el cual es de tipo aplicativo con un alcance descriptivo-explicativo, y se realizó a través de un diseño experimental. Como técnicas, se utilizaron ensayos de jarras para realizar el proceso de coagulación y floculación de las muestras analizadas para mejorar sus características fisicoquímicas. Para llevar a cabo este proceso se empleó el equipo de jarras a partir del cual se aplicaron distintas dosis por cada coagulante (Policloruro de Aluminio al 1 % y Catfloc al 0.1 %). Además, se llevaron a cabo las pruebas a diferentes turbiedades iniciales de 12 NTU y 33.3 NTU con una velocidad de 150 RPM por 1 minuto de agitación rápida y 45 RPM de agitación lenta por 15 minutos. Se realizaron dos pruebas por cada coagulante. En el caso del análisis de las características fisicoquímicas de las muestras, se usaron el turbidímetro y pH metro, este último sirvió para llevar un control del parámetro de pH y ver si los coagulantes lo alteraban o lo mantenían estable. Como resultado final se obtuvo un 87.5 % de remoción de turbidez en promedio para el Policloruro de Aluminio, teniendo de dosis óptima al tratamiento de 4mg/L con un 93 % de remoción. Por otro lado, el Catfloc obtuvo un 93 % de remoción de turbidez en promedio, teniendo de dosis óptima al tratamiento de 0.4mg/L con un 93 % de remoción. En conclusión, tanto el Catfloc como el PAC cumplen con el Decreto Supremo N°031-2010 SA, límites máximos permisibles para aguas de consumo humano. Sin embargo, a pesar de que ambos cumplen con la normativa, el que demuestra una mayor eficiencia es el Catfloc que optimiza el proceso de potabilización en varios aspectos como el consumo y uso del coagulante.

Palabras clave: Policloruro de Aluminio, Catfloc, polímero, dosis, eficiencia, turbidez.

Abstract

The main purpose of this research work is to determine the efficiency of each alternative coagulant on the quality of drinking water treatment in the DWTP (in Spanish PTAP) of the Quellaveco mining project, 2023. To which the hypothetical-deductive method was used, which is applicable with a descriptive-explanatory scope which was carried out through an experimental design. The techniques that were used were the jar tests where the flocculation coagulation process of the analyzed samples took place to improve their physicochemical characteristics. To carry out this process, instruments such as the jar test were used in which different doses were applied for each coagulant (1% Polychloride aluminum and 0.1% Catfloc) the tests were carried out at different initial turbidities of 12 NTU and 33.3 NTU with a speed of 150 RPM during fast stirring for 1 min and 45 RPM during slow stirring for 15 minutes. Two tests were performed for each coagulant. In the case of analysis of the physicochemical characteristics of the samples, the turbidimeter and pH meter were used, the last one was as monitor the pH parameter and see if the coagulants would have altered it or kept it stable. As a final result, an average 87.5% turbidity removal was obtained for the Polychloride aluminum, with an optimal treatment dose of 4mg/L with 93% removal. On the other hand, Catfloc obtained 93% turbidity removal on average; getting as optimal treatment dose of 0.4mg/L with 93% removal. In conclusion, both Catfloc and PAC comply with Supreme Decree No.031-2010 SA, Maximum permissible limits for water for human consumption, but although both comply with the regulations, the one that demonstrates greater efficiency is Catfloc, optimizing the purification process in various aspects from the consumption and use of the coagulant.

Keywords: Polyaluminum Chloride, Catfloc, polymer, doses, efficiency, turbidity.

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Jose Vladimir Cornejo Tueros
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 16 de Marzo de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

Eficiencia de dos coagulantes alternativos en la calidad del tratamiento del agua potable en la PTAP del proyecto minero Quellaveco, 2023

Autores:

1. Marly Adela Areca Peralta – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas :10 SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

Agradecimiento

Agradezco, en primer lugar, a Dios, puesto que siempre estuvo con su gracia bendita guiando mis pasos. Agradezco a la Universidad Continental por abrirme las puertas para obtener mi título profesional y brindarme al asesor, el Dr. José Cornejo Tueros, quien me ha ayudado constantemente con sus conocimientos teóricos en la parte del planeamiento teórico y desarrollo de la tesis. Además, agradezco de manera especial a la Dra. Ofelia Guillen Zevallos y al Ing. Delber Araoz Aguilar, por guiarme en la parte teórica y aplicativa del proceso experimental del trabajo de investigación.

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación a mi querida familia, en especial a mis padres Isabel y Luis, y a mi difunto abuelito materno Mariano; ellos han sido mi principal fuente de motivación y me han brindado su apoyo incondicional a lo largo de este tiempo. Son los que me apoyaron en todo momento, buenos o malos, y siempre mantuvieron su fe y apoyo incondicional hacia mí. Gracias a los valores y consejos valiosos de mi familia por servir de inspiración para estudiar una carrera universitaria y ser la profesional que soy hoy en día.

ÍNDICE

Agradecimiento	iii
Dedicatoria	iv
Resumen	ix
Abstract	x
Introducción	1
Capítulo I: Planteamiento del estudio	3
1.1 Planteamiento y formulación del problema.....	3
1.1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.1.2 Formulación del problema	5
1.2 Objetivos.....	6
1.2.1 Objetivo general	6
1.2.2 Objetivos específicos	6
1.3 Justificación	6
1.3.1 Teórica	6
1.3.2 Práctica.....	6
1.3.3 Social	7
1.4 Limitaciones de la investigación.....	7
1.5 Hipótesis	7
1.5.1 Hipótesis general	7
1.5.2 Hipótesis nula.....	8
1.6 Hipótesis específicas	8
1.7 Operacionalización de variables	9
Capítulo II: Marco teórico	10
2.1 Antecedentes del problema.....	10
2.1.1 Antecedentes internacionales	10
2.1.2 Antecedentes nacionales	13
2.2 Fundamento teórico.....	15
2.2.1 Coagulantes alternativos	15
2.2.2 Agua potable	17
2.2.3 Parámetros de calidad del agua potable.....	19

Capítulo III: Metodología	21
3.1 Método, tipo y alcance de la investigación.....	21
3.1.1 Método de investigación.....	21
3.1.2 Tipo de investigación.....	21
3.1.3 Alcance de la investigación.....	21
3.1.4 Diseño de la investigación	22
3.2 Población y muestra	22
3.2.1 Población.....	23
3.2.2 Muestra	23
3.2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	24
Capítulo IV: Resultados y discusión	32
4.1 Resultados de las pruebas de jarra con PAC, Catfloc y análisis de la información.....	32
4.1.1 Prueba 01 con PAC.....	32
4.1.2 Prueba 02 con Catfloc.....	33
4.1.3 Prueba 03 con PAC.....	34
4.1.4 Prueba 04 con Catfloc.....	35
4.1.5 Ecuación para hallar el porcentaje de remoción de turbidez	38
4.2 Análisis estadístico de la información.....	42
4.2.1 Parámetro analizado	42
4.3 Prueba de hipótesis.....	48
4.3.1 Hipótesis estadísticas	48
4.3.2 Regla de decisión.....	49
4.3.3 Decisión	49
4.4 Discusión de resultados	50
Capítulo V: Conclusiones	52
Capítulo VI: Recomendaciones	54
Referencias bibliográficas	55
ANEXOS	58

Índice de Tablas

Tabla 1. Cuadro de operacionalización de variables.....	9
Tabla 2. Métodos de medición de parámetros físico-químicos.....	30
Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos iniciales del agua cruda para la prueba N°1 y N°2.....	32
Tabla 4. Resultados de la prueba de jarras N°1 con PAC al 1%.....	32
Tabla 5. Resultado de la prueba de jarras N°2 con Catfloc al 0.1%.....	33
Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos iniciales del agua cruda para la prueba N°3 y N°4.....	34
Tabla 7. Resultado de la prueba de jarras N°3 con PAC al 1%.....	35
Tabla 8. Resultado de la prueba de jarras N°4 con Catfloc al 0.1%.....	36
Tabla 9. Resumen de comparación de turbidez inicial y final lograda con PAC y Catfloc....	37
Tabla 10. Resumen de comparación de pH inicial y final lograda con PAC y Catfloc como parámetro de hallazgo	37
Tabla 11. Comparación de % de remoción de turbidez final lograda con PAC y Catfloc.....	40
Tabla 12. Prueba de Normalidad: Shapiro-Wilk ($\alpha=0.05$) para la remoción de turbidez.....	43
Tabla 13. Prueba estadística de Kruskal-Wallis empleada para la remoción de turbidez.....	44
Tabla 14. Prueba estadística de U Mann-Whitney empleada para la remoción de turbidez de la prueba N°1 y N°2.....	44
Tabla 15. Prueba estadística de U Mann-Whitney empleada para la remoción de turbidez de la prueba N°1 y N°3.....	45
Tabla 16. Prueba estadística de U Mann-Whitney empleada para la remoción de turbidez de la prueba N°1 y N°4.....	46
Tabla 17. Prueba estadística de U Mann-Whitney empleada para la remoción de turbidez de la prueba N°2 y N°3.....	47
Tabla 18. Prueba estadística de U Mann-Whitney empleada para la remoción de turbidez de la prueba N°2 y N°4.....	47
Tabla 19. Prueba estadística de U Mann-Whitney empleada para la remoción de turbidez de la prueba N°2 y N°4.....	49

Índice de Figuras

Figura 1 .Muestras de agua cruda.....	10
Figura 2 . Datos de turbiedad del agua tratada en los primeros 5 días de la simulación.....	12
Figura 3 .Curva de Dosificación de Policloruro de Aluminio vs Turbiedad de A/C (junio).....	14
Figura 4 . Mapa de ubicación de la PTAP Quellaveco.....	23
Figura 5 . Mapa de ubicación de las muestras de agua.....	24
Figura 6 .Relación de los resultados de remoción de turbidez respecto a la dosis del coagulante en la prueba N°1.....	40
Figura 7 .Relación de los resultados de remoción de turbidez respecto a la dosis del coagulante en la prueba N°2.....	41
Figura 8 .Relación de los resultados de remoción de turbidez respecto a la dosis del coagulante en la prueba N°3.....	42
Figura 9 .Relación de los resultados de remoción de turbidez respecto a la dosis del coagulante en la prueba N°4.....	42

Resumen

La finalidad principal de este trabajo de investigación es determinar la eficiencia de cada coagulante alternativo en la calidad del tratamiento de agua potable en la PTAP del proyecto minero Quellaveco, 2023. Para ello se empleó el método hipotético-deductivo, el cual es de tipo aplicativo con un alcance descriptivo-explicativo, y se realizó a través de un diseño experimental. Como técnicas, se utilizaron ensayos de jarras para realizar el proceso de coagulación y floculación de las muestras analizadas para mejorar sus características fisicoquímicas. Para llevar a cabo este proceso se empleó el equipo de jarras a partir del cual se aplicaron distintas dosis por cada coagulante (Policloruro de Aluminio al 1 % y Catfloc al 0.1 %). Además, se llevaron a cabo las pruebas a diferentes turbiedades iniciales de 12 NTU y 33.3 NTU con una velocidad de 150 RPM por 1 minuto de agitación rápida y 45 RPM de agitación lenta por 15 minutos. Se realizaron dos pruebas por cada coagulante. En el caso del análisis de las características fisicoquímicas de las muestras, se usaron el turbidímetro y pH metro, este último sirvió para llevar un control del parámetro de pH y ver si los coagulantes lo alteraban o lo mantenían estable. Como resultado final se obtuvo un 87.5 % de remoción de turbidez en promedio para el Policloruro de Aluminio, teniendo de dosis óptima al tratamiento de 4mg/L con un 93 % de remoción. Por otro lado, el Catfloc obtuvo un 93 % de remoción de turbidez en promedio, teniendo de dosis óptima al tratamiento de 0.4mg/L con un 93 % de remoción. En conclusión, tanto el Catfloc como el PAC cumplen con el Decreto Supremo N°031-2010 SA, límites máximos permisibles para aguas de consumo humano. Sin embargo, a pesar de que ambos cumplen con la normativa, el que demuestra una mayor eficiencia es el Catfloc que optimiza el proceso de potabilización en varios aspectos como el consumo y uso del coagulante.

Palabras clave: Policloruro de Aluminio, Catfloc, polímero, dosis, eficiencia, turbidez.

Abstract

The main purpose of this research work is to determine the efficiency of each alternative coagulant on the quality of drinking water treatment in the DWTP (in Spanish PTAP) of the Quellaveco mining project, 2023. To which the hypothetical-deductive method was used, which is applicable with a descriptive-explanatory scope which was carried out through an experimental design. The techniques that were used were the jar tests where the flocculation coagulation process of the analyzed samples took place to improve their physicochemical characteristics. To carry out this process, instruments such as the jar test were used in which different doses were applied for each coagulant (1% Polychloride aluminum and 0.1% Catfloc) the tests were carried out at different initial turbidities of 12 NTU and 33.3 NTU with a speed of 150 RPM during fast stirring for 1 min and 45 RPM during slow stirring for 15 minutes. Two tests were performed for each coagulant. In the case of analysis of the physicochemical characteristics of the samples, the turbidimeter and pH meter were used, the last one was as monitor the pH parameter and see if the coagulants would have altered it or kept it stable. As a final result, an average 87.5% turbidity removal was obtained for the Polychloride aluminum, with an optimal treatment dose of 4mg/L with 93% removal. On the other hand, Catfloc obtained 93% turbidity removal on average; getting as optimal treatment dose of 0.4mg/L with 93% removal. In conclusion, both Catfloc and PAC comply with Supreme Decree No.031-2010 SA, Maximum permissible limits for water for human consumption, but although both comply with the regulations, the one that demonstrates greater efficiency is Catfloc, optimizing the purification process in various aspects from the consumption and use of the coagulant.

Keywords: Polyaluminum Chloride, Catfloc, polymer, doses, efficiency, turbidity.

Introducción

El estudio de investigación presentado tiene como tema principal la calidad de agua potable o de consumo humano, la cual es el resultado de aguas naturales superficiales o subterráneas que pasan por diversos tratamientos unitarios que, en conjunto, forman el ya conocido proceso de potabilización mediante el cual se garantizan los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos estipulados en la normativa de calidad de agua de consumo humano(1). Sin embargo, para que el agua potable sea de buena calidad, se emplean coagulantes convencionales como Sulfato de Aluminio o Cloruro Férrico para remover material coloidal o algún otro elemento natural que contenga el agua cruda. No obstante, estos coagulantes han sido últimamente reemplazados por otros coagulantes prepolimerizados o comúnmente llamados alternativos (2).

A partir de lo anterior, el trabajo se enfocó en la problemática de implementar el uso de estos nuevos coagulantes alternativos en el tratamiento de agua potable, los cuales han demostrado, en otros lugares, ser más eficientes, ya sea respecto al beneficio-costo, optimización del proceso, cuidado de la salud o respecto al medio ambiente. Por tanto, el objetivo de la investigación es analizar los efectos de las dosis óptimas que tienen cada uno de estos coagulantes alternativos en la calidad del tratamiento de agua potable de la PTAP del proyecto minero Quellaveco.

Para llevar a cabo la investigación se tomaron muestras de manera no probabilística al ingreso de la PTAP Quellaveco, a la cual se tuvo acceso a través de la empresa prestadora de servicios Sodexo, de acuerdo al protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano. Luego las muestras se llevaron al laboratorio de la Universidad Nacional de San Agustín para ser sometidas al ensayo de jarras, donde se hicieron pruebas simultáneas de ambos coagulantes por separado. Posteriormente, fueron analizadas. Al mismo tiempo, se

determinó la eficiencia de cada uno de los coagulantes mediante la dosis óptima y su influencia en los parámetros fisicoquímicos de control: pH, turbidez y conductividad eléctrica.

El presente trabajo está estructurado en cinco capítulos: Capítulo I: Planteamiento del estudio; Capítulo II: Marco teórico; Capítulo III: Metodología; Capítulo IV: Resultados y Discusión; y Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.

Capítulo I: Planteamiento del estudio

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

Durante los últimos años el consumo de agua potable se ha convertido en un verdadero reto debido a que varios de los recursos hídricos en su fuente de origen no cumplen con estándares sanitarios para ser considerados aptos para el consumo humano (3). A nivel mundial, según datos del *Programa Conjunto OMS/UNICEF de Monitoreo del Abastecimiento de Agua y del Saneamiento*, casi 2000 millones de personas alrededor del planeta consumen agua procedentes de fuentes naturales que están propensas a diversas clases de contaminación de origen residual, especialmente por coliformes fecales u otros tipos de elementos nocivos que degradan la calidad del recurso hídrico (4).

Respecto a la situación en América Latina en el año 2019, según la OMS el 26 % de muertes infantiles menores de 5 años se debe a factores claves que dañan el estado del agua natural, ya sean en lagunas, lagos, ríos, etc. Algunos de estos factores son la contaminación del agua, la deforestación y los residuos sólidos. Es por ello que en el año 2020 el suministro de agua en Perú, así como en otras regiones de América Latina, se debilitó por la ausencia de infraestructuras de tratamiento adecuadas, lo cual impacta directamente en las familias, particularmente en los niños. Esta situación se presenta en su mayoría en las zonas rurales donde el acceso a agua potable es menor al 50 %, en comparación con las zonas urbanas compuestas por ciudades cosmopolitas (5).

Cuando comenzó a avanzar la preocupación por el cuidado de las aguas naturales superficiales y subterráneas, al mismo tiempo se planteó que estas deben pasar por el proceso de potabilización de agua, que consiste en diversas etapas que tienen como objetivo principal erradicar los elementos contaminantes y nocivos que dañan la salud del ser humano. De modo que, para llevar a cabo este proceso, se debe contar con infraestructuras que cumplan con los

indicadores básicos de operación: estas son las llamadas plantas de tratamiento, las cuales fueron diseñadas con la finalidad de dar un suministro constante y apropiado de aguas naturales química y microbiológicamente inocuas para el ser humano. El proceso de tratamientos de aguas se considera desde la captura del recurso hídrico hasta la distribución a los tanque de almacenamiento, pasando previamente por los procesos convencionales de tratamiento, los más comunes son: pre filtración por cámara de rejillas, desarenadores o pre decantadores, mezcla rápida, coagulación, floculación, decantación, filtración (ajuste del pH si es necesario) y desinfección (3).

Sin embargo, estas plantas de tratamientos con el pasar de los años se han quedado obsoletas por lo que se requieren de modificaciones continuas y periódicas con el fin de maximizar los valores de los parámetros fisicoquímicos sanitarios para consumo de las personas. Algunos de estos indicadores más conocidos son la turbidez, la cual, junto a otras como el color y pH, es indispensable para cumplir con la normatividad ambiental vigente, una exigencia importante porque es parte fundamental del bienestar de las personas(2)(6). Con el objetivo de dar un agua tratada de buena calidad se usan coagulantes en el proceso de potabilización, el más conocido es el sulfato de aluminio cuya principal función es desestabilizar las partículas coloidales y los sólidos suspendidos totales presentes en el agua para, posteriormente, formar flocs gelatinosos de gran volumen y sean más fácilmente precipitados o decantados. Sin embargo, el consumo de coagulantes convencionales, como es el caso del sulfato de aluminio, está siendo cuestionado desde el ámbito operativo porque no mantiene estable el parámetro fisicoquímico de pH óptimo durante el tratamiento de neutralización de cargas eléctricas de las partículas coloidales, lo cual representa un peligro latente para el ser humano, ya que varios estudios afirman que este es el causante de enfermedades neurodegenerativas (2).

Ahora bien, para resolver esta problemática se han planteado diversas alternativas para mejorar los estándares básicos fisicoquímicos y microbiológicos, y que innoven la operación del tratamiento de aguas. Con estas condiciones indispensables a cumplir desde hace algunas décadas recientes, se optó por el uso de coagulantes alternativos como son los coagulantes inorgánicos prepolimerizados, los cuales se subdividen en grupos representativos como los policloruros de aluminio (PAC's), clorhidratos de aluminio (ACH) y polisulfatos de aluminio (PAS's). Estos superaron el desempeño de coagulantes comúnmente empleados en tratamientos de agua negras de origen industrial o doméstico como el sulfato de aluminio y cloruro de férrico, que son usados en países de Asia y Europa (2).

Con el fin de obtener un producto de buena calidad y que cumpla con los estándares de calidad estipulados por la legislación peruana, se planteó esta investigación que propone dos coagulantes alternativos: el Policloruro de Aluminio y Catfloc, poco empleados en la potabilización de agua en el Perú para determinar su eficiencia de remoción de partículas coloidales que afectan la turbidez del agua de consumo.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1 Problema general.

¿Cuál de los dos coagulantes alternativos presenta mayor eficiencia en la calidad del tratamiento de agua potable en la PTAP del proyecto minero Quellaveco, 2023?

1.1.2.2 Problemas específicos.

¿Cuáles son las características fisicoquímicas (pH y turbidez) del agua cruda provenientes del río Asana del proyecto minero Quellaveco, 2023?

¿Cuál es la dosificación del Policloruro de Aluminio que logra disminuir la turbidez en el ensayo de jarras?

¿Cuál es la dosificación del Catfloc Plus 8103 que logra disminuir la turbidez en el ensayo de jarras?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar la eficiencia de cada coagulante alternativo en la calidad del tratamiento de agua potable en la PTAP del proyecto minero Quellaveco, 2023.

1.2.2 Objetivos específicos

Determinar las características fisicoquímicas (pH y turbidez) del agua cruda proveniente del río Asana del proyecto minero Quellaveco, 2023.

Determinar la dosificación del Policloruro de Aluminio que logra disminuir la turbidez en el ensayo de jarras.

Determinar la dosificación del Catfloc que logra disminuir la turbidez en el ensayo de jarras.

1.3 Justificación

1.3.1 Teórica

La presente investigación se basó en la revisión de conocimientos de teorías planteadas y aplicadas en otros países, como es el caso del uso de coagulantes inorgánicos prepolimerizados, para este caso el Policloruro de Aluminio y Catfloc, los cuales no son muy usados en la potabilización del agua en el Perú. Con este proyecto se pretendió ampliar la información de las propiedades físicas y químicas de estos coagulantes en el proceso de coagulación y floculación de las aguas naturales superficiales o subterráneas para optimizar o mejorar la calidad del agua tratada destinada al consumo humano.

1.3.2 Práctica

Este proyecto se enfocó en determinar la eficiencia de los coagulantes alternativos en el tratamiento de agua potable en la PTAP del proyecto minero Quellaveco. Sus resultados y conclusiones se hallaron al término de la prueba de jarras; luego de esta etapa se hizo una comparación, antes y después, de los valores de los parámetros fisicoquímicos.

1.3.3 Social

La implementación de esta alternativa tuvo un beneficio social, ya que en los últimos años se ha investigado que el uso de coagulantes alternativos como el Policloruro de Aluminio (PAC) y Catfloc son menos nocivos y no provocan en un futuro lejano enfermedades neurodegenerativas. Algunas de estas enfermedades, según la Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades (ATSDR), se producen en las personas que sufren daño renal y no pueden eliminar con facilidad, así sean pequeñas partículas de aluminio mediante la orina, lo cual contribuye a que dichas personas sufran de daño a los huesos y al mismo cerebro deteriorándolo con el paso del tiempo. Estas enfermedades neurodegenerativas comienzan con breves episodios de demencia senil hasta convertirse en Alzheimer (7).

1.4 Limitaciones de la investigación

La información bibliográfica de estudios realizados en la región Moquegua sobre la eficiencia de coagulantes de origen sintético en el tratamiento de agua potable es escasa.

En la región Moquegua no hay muchos laboratorios especializados en análisis de agua y los poco que están disponibles no son muy accesibles y sus costos por cada prueba son elevados; además del pago por los parámetros evaluados, lo cual es una limitante para ampliar las variables de evaluación.

Dificultad para el transporte de muestras desde la región Moquegua hasta otras ciudades o zonas donde tengan el *jar test*.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

El coagulante alternativo Policloruro de Aluminio presenta mayor eficiencia que el coagulante alternativo Catfloc Plus 8103 en la calidad del tratamiento de agua potable en la PTAP del proyecto minero Quellaveco, 2023.

1.5.2 Hipótesis nula

El coagulante alternativo Catfloc Plus 8103 presenta mayor eficiencia que el coagulante alternativo Policloruro de Aluminio en la calidad del tratamiento de agua potable en la PTAP del proyecto minero Quellaveco, 2023.

1.6 Hipótesis específicas

Las características fisicoquímicas (pH y turbidez) del agua cruda proveniente del río Asana del proyecto minero Quellaveco, 2023, sobrepasan el ECA Agua (DS 004-2017-MINAM).

La utilización del Policloruro de Aluminio logra disminuir la turbidez en el ensayo de jarras.

La utilización del Catfloc Plus 8103 logra disminuir la turbidez en el ensayo de jarras.

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Cuadro de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Sub Dimensiones	Operacionalización	
				Indicadores	Tipo de variable
Variable Independiente: Dosis de coagulantes alternativos.	El PAC es un compuesto inorgánico polimerizado; presenta sales de aluminio polimerizadas. A comparación del sulfato de aluminio, este no deja porcentajes elevados de aluminio residual que perjudiquen la salud del ser humano.	Solución patrón de PAC	1%	ml de coagulante de PAC	Numérica
		Solución patrón de Catfloc	0.1%	ml de coagulante de Catfloc	Numérica
		Dosis de PAC	1 mg/L 2 mg/L 3mg/L 4mg/L 5mg/L 6mg/L 8mg/L 10mg/L 12mg/L	ml de solución de PAC al 1% por L	
	El Catfloc es un poli eléctrico catiónico, conformado principalmente por el policloruro de dialildimetilamonio en un 20 % de agentes activo, diluido en solución acuosa.	Dosis de Catfloc	0.1mg/L 0.2mg/L 0.3mg/L 0.4mg/L 0.6mg/L 0.8 mg/L 1 mg/L	ml de solución de Catfloc al 1% por ml	
Variable Dependiente: Eficiencia de remoción de turbidez en el tratamiento de agua potable	Para ser de consumo humano, el agua debe pasar por un tratamiento llamado potabilización; este término se menciona en el DS. 031-2010 SA, que indica, además, los parámetros de calidad que debe cumplir el agua potable.	Análisis Físicoquímico	Turbidez	NTU	Numérica

Capítulo II: Marco teórico

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes internacionales

El trabajo de investigación titulado *Determinación de la dosificación óptima de coagulante para el mejoramiento de la calidad del agua potable en la empresa Emcodazzi ESP*, tiene como propósito calificar la influencia de los coagulantes PAC-122 y PAC-006 para encontrar la dosis óptima que ayude a mejorar la calidad del agua potable. Para ello se estudiaron los indicadores fisicoquímicos: turbiedad, color y pH; mientras que para su desarrollo se empleó el test de jarras, el cual analizó y comparó las propiedades fisicoquímicas mencionadas anteriormente, a fin de elegir al coagulante más óptimo para el proceso de potabilización del agua. Por lo tanto, las conclusiones muestran que la mejor alternativa de los dos coagulantes evaluados en el proyecto es el PAC-122, ya que consiguió niveles de reducción significativos de turbidez y color que son aptos según la normativa vigente (8).



Figura 1. Muestras de agua cruda

Nota. Tomada de “*Determinación de la dosificación óptima de coagulante para el mejoramiento de la calidad de la calidad del agua potable en la empresa Emcodazzi E.S.P*”(8).

En artículo científico denominado *Determinación de la dosificación óptima de cloruro de aluminio en una PTAP del Pacífico colombiano*, tiene la finalidad de hallar la dosis ideal de

Policloruro de Aluminio (PAC) para usarse en la planta de tratamiento de aguas del río Atrato. Para ello se sacaron muestras mixtas del pozo de entrada del agua en la planta Loma de Cabi. Mediante el ensayo de jarra a diferentes revoluciones por minutos, se adicionó PAC a diferentes concentraciones de 10 %, 6.0 %, 3.0 %, 1.0 %, 2.0 %, 1.5 % y 1.4 %, con lo cual se pusieron a prueba para hallar la dosis ideal y los requerimientos que se necesitan para el proceso de desestabilización de cargas eléctricas de la materia coloidal, que se agrupan en masas gelatinosas de gran volumen y se precipitan antes de pasar por el tratamiento convencional de aguas tratadas. Al finalizar se comprobó que la dosis ideal de policloruro de aluminio (PAC) para el proceso de potabilización de aguas superficiales es de 1.5 % V/V, con alteraciones en la dosificación de dicho coagulante, debido a las variaciones climáticas propias de la zona que afectan principalmente la turbidez del agua cruda al ingreso de la planta (9).

En la misma línea de investigación, el artículo científico titulado *Evaluar el uso del polímero Floquat 2565 para tratamiento de aguas naturales en la planta Francisco Wiesner*, tiene como objetivo reemplazar al sulfato de aluminio por el polímero floculante Floquat 2565 para el tratamiento de aguas naturales procedentes de la reserva natural nacional de Chingaza. En principio, para llevar a cabo el desarrollo de la investigación, el polímero fue evaluado previamente mediante diversas pruebas fisicoquímicas para determinar las propiedades idóneas para sustituir al sulfato de aluminio. A su vez, se calculó la dosis óptima, la cual se encuentra en una dosificación promedio de 0,7 ppm de polímero para un flujo de 10m³/s promedio. El trabajo del polímero es bajo condiciones críticas en las cuales el pH está en 7.00 al ingreso de la planta. Mientras que tratar agua cruda con sulfato de aluminio es diferente a tratarla con polímero, lo cual se comprueba a través de las diferentes evaluaciones fisicoquímicas y microbiológicas por las cuales pasa las muestras de agua cruda, con el fin de hallar la eficiencia de la dosificación de cualquiera de los dos productos evaluados respectivamente en diferentes ensayos de jarras y análisis microbiológicos de laboratorio. Por consiguiente, se determinó que

luego de las dos horas que demora la planta en estabilizarse, el polímero cuenta con un rango mayor de desestabilización de cargas eléctricas de las partículas coloidales, sólidos suspendidos o microorganismos presentes de manera natural en los recursos hídricos naturales. Por otro lado, en el proceso de tratamiento de aguas usando el polímero, se halló que se consumen menores volúmenes. En comparación con el sulfato de aluminio, no afecta las características fisicoquímicas como pH, disminución del color de agua tratada y amplía el período de vida útil de los filtros, debido a que los floc que se forman son más consistentes y el porcentaje de remoción es de 97 %. En conclusión, se puede decir que el uso del polímero Floquat es ideal y eficiente para optimizar el proceso de tratamiento de agua de consumo humano, por lo cual se examinarán las condiciones y dosis óptimas para el caudal promedio diario que trata la planta. Además, se debe resaltar que el polímero sustituye en 10ppm al sulfato, lo cual reduce costos económicos al no consumirse en grandes cantidades en comparación con el sulfato de aluminio (10).

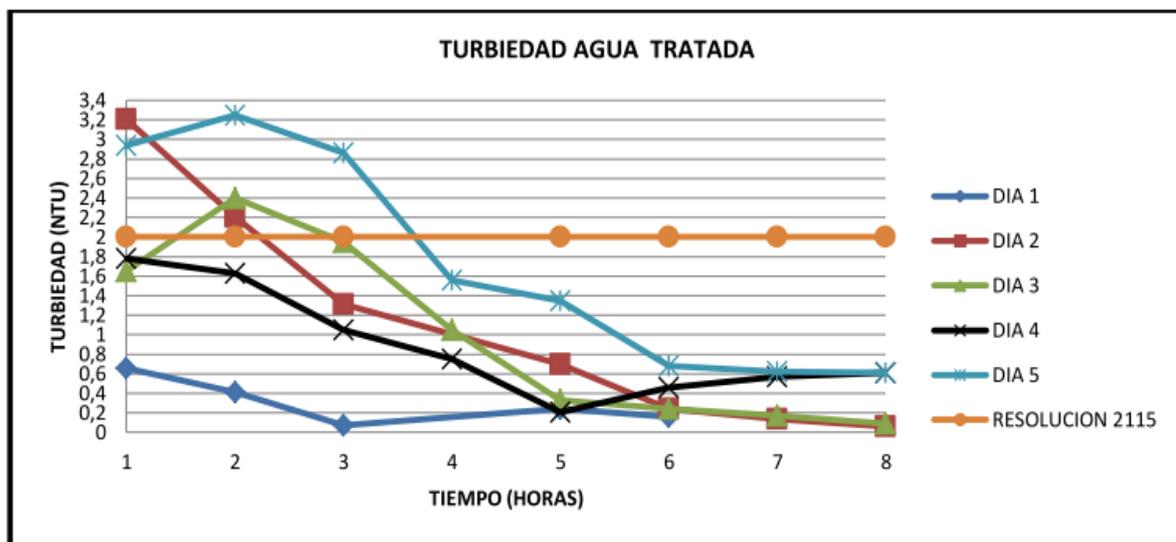


Figura 2. Datos de turbiedad del agua tratada en los primeros cinco días de la simulación.

Nota. Tomada de “Evaluar el uso del polímero Floquat 2565 para tratamiento de aguas naturales en la planta Francisco Wiesner”(10).

En el proyecto de investigación denominado *Estudio para la determinación y dosificación óptima de coagulantes en el proceso de clarificación de aguas crudas en la potabilización de aguas de la Empresa Empoobando E.SP.*, el autor explica que la potabilización del agua es indispensable para distribuirse a las urbes o pueblos aledaños debido a que estas pueden presentar en su composición presencia de partículas coloidales en suspensión o microorganismos que afectan la calidad del agua potable; ello puede provocar efectos nocivos en la salud de las personas. En consecuencia, se planteó como propósito evaluar distintos coagulantes usados en el tratamiento de agua de consumo humano: sulfato de aluminio tipo B sólido y líquido, el cloruro de hierro y el policloruro de aluminio, para así elegir cuál de ellos es el más efectivo en la clarificación de aguas que fueron evaluadas en los meses de abril hasta agosto de 2015. Para ello se usó el ensayo de jarras para hallar la dosis ideal de los coagulantes y observar los efectos en los parámetros fisicoquímicos como es la remoción de color y turbiedad. Posteriormente, estos datos se analizaron mediante el *software* Statgraphics Centurion XVI basándose en los indicadores de evaluación: la clase de coagulantes usado y la dosis aplicada; y como salida del proceso evaluativo se tiene los parámetros de turbiedad y el porcentaje de color remanente. Adicionalmente, se evaluaron los efectos de los indicadores en el parámetro de pH del agua tratada. Por último, se comparó técnicamente la implementación del coagulante más efectivo en la planta de tratamiento de agua de la Empresa Empoobando E.S.P (11).

2.1.2 Antecedentes nacionales

En la tesis titulada *Determinación de la dosis óptima de policloruro de aluminio ($Al_2(OH)_3Cl$) y sulfato de cobre pentahidratado ($CuSO_4 - 5H_2O$) para mejorar los procesos de tratamiento de agua potable en la planta de tratamiento de agua potable de la Universidad Nacional de Piura*, se tuvo como objetivo hallar la dosis ideal de ambos productos químicos con el fin de optimizar el tratamiento de aguas de consumo humano. Primero se identificaron

las variables principales del estudio, siendo la independiente las dosis ideales de policloruro de aluminio (PAC) y sulfato de cobre pentahidratado, y la dependiente modernizar los procesos de tratamiento de agua de consumo humano. Después, en la parte experimental de la investigación se calcularon los datos mediante el *jar test*, para determinar las dosis idóneas de ambos productos químicos PAC y sulfato de cobre, las cuales se expusieron a diferentes turbiedades iniciales de agua cruda. Además, se llevó una etapa de control a través de monitoreo continuos cada dos horas, para analizar la curva de dosificación por cada turbiedad individualmente y comparar sus comportamientos en relación a la dosificación de los productos químicos anteriormente mencionados. Cabe resaltar que las recomendaciones principales de esta investigación exhortan a considerar los factores climáticos como la radiación solar, debido a que este puede romper los enlaces de los flocs y, en consecuencia, elevar la turbidez al ingreso de la planta, por lo que deben estar en monitoreo constante para no exceder los límites máximos permisibles estipulados en el D.S 031-2010 S.A. (12)

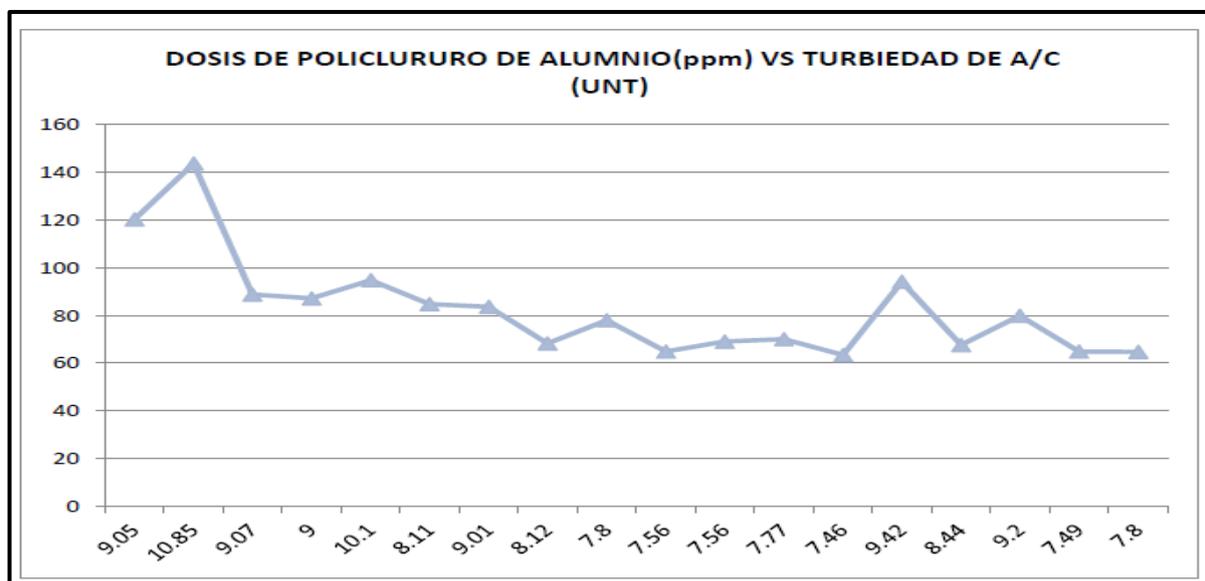


Figura 3. Curva de Dosificación de Policloruro de Aluminio vs Turbiedad de A/C

Nota. El gráfico muestra los valores de turbiedad medidos en relación a la dosis de policloruro de aluminio (UNT: unidad nefelométrica de turbiedad).

Tomada de “Determinación de la dosis óptima de Policloruro de Aluminio ($Al_2(OH)_3Cl$) y Sulfato de Cobre Pentahidratado ($CuSO_4 - 5H_2O$) para mejorar los procesos de tratamiento de agua potable en la planta de tratamiento de agua potable de la Universidad Nacional de Piura” (12).

El proyecto de investigación denominado *Evaluación de la eficiencia del floculante de Sulfato de Aluminio y Polifloc (policloruro de aluminio) empleado en la depuración de aguas con baja turbiedad en la planta de tratamiento de agua potable Quicapata- Ayacucho*", tuvo como objetivo principal calificar la efectividad de los floculantes de Sulfato de Aluminio y Polifloc (Policloruro de Aluminio) empleados comúnmente en la clarificación de aguas con niveles bajos de partículas coloidales o sólidos suspendidos que ingresan a la planta de agua potable Quicapata. De acuerdo al desarrollo de la investigación, esta se divide en varias partes las cuales inician con la sección 1 que relata los datos generales de la investigación y el tipo de tratamiento de agua natural que se lleva en las diferentes partes de la planta. Luego, en la sección 2 se detallan las bases teóricas y bibliografías básicas tales como: la desestabilización eléctrica de las partículas coloidales y su precipitación mediante la formación de flocs de gran volumen y compactos que se dan por la influencia de coagulantes que modifican las características fisicoquímicas del agua de ingreso a la planta. Asimismo, se explican las condiciones operativas principales para permitir el uso de los coagulantes anteriormente mencionados. Después, en la sección 3 se destaca la confrontación de las dos plantas 1 y 2 que componen el sistema de potabilización de la planta de Quicapata, ya que ambas tienen procesos individuales y distintos entre sí porque tienen diferencias marcadas, ya sea en la parte operativa como en el diseño de la planta. Posteriormente, en la sección 4 se calcula y evalúa la efectividad de los dos productos químicos basándose en sus propiedades fisicoquímicas y los efectos mediante el test de jarras. Por último, se realiza un análisis estadístico de los datos obtenidos en la etapa experimental (13).

2.2 Fundamento teórico

2.2.1 Coagulantes alternativos

Para este trabajo de investigación se resaltaron dos grupos: los polímeros inorgánicos y los polieléctricos.

2.2.1.1 Polímeros inorgánicos. Los coagulantes alternativos o no convencionales son básicamente polímeros inorgánicos cuyos átomos forman cadenas covalentes de gran tamaño que contienen grupos iónicos. Estos a su vez se subdividen en tres grupos: los policloruros de aluminio (PAC's), clorhidrato de aluminio (ACH) y polisulfatos de aluminio (PAS) (2). Se caracterizan por tener una capacidad de remoción de sólidos más alta que el sulfato de aluminio, y desestabilizan las cargas eléctricas de la materia coloidal(14). También pueden reemplazar desde 1.5 a 2.0 partes de sulfato de aluminio grado A y de 3.5 a 3.9 de sulfato de aluminio grado B (2).

2.2.1.1.1 El Policloruro de Aluminio (PAC) como coagulante. El policloruro es un compuesto inorgánico polimerizado; se obtiene de una sal de comportamiento altamente básico debido a que presenta sales de aluminio polimerizadas. Su fórmula real es $Al(OH)_nCl_{3-n}$, donde n adopta valores que van de 1 a 2.5. Su presentación es en forma líquida, lo que ayuda a su manipulación y uso en plantas de agua potable o residual (14).

Propiedades del PAC

- No bloquea las tuberías debido a su composición líquida y trabaja en dosificación continua (14).
- Tiene un alto poder de coagulación y floculación, formando flóculos de fácil sedimentación y filtrables (14).
- No altera el pH del agua, es por ello que no es necesario el uso de polímeros como ayudantes de floculación (14).
- No permite la formación de residuos insoluble no deseados (14).

Su uso es muy variado tanto en aguas de distintas turbiedades como en alcalinidad (14).

2.2.1.2 Polieléctricos. Otro tipo de coagulantes no convencionales que se ha comenzado a usar en estos años son los polieléctricos, que son de origen orgánico sintético y de gran masa molecular. Son muy eficaces en diversos rangos de pH. Por el tipo de carga se

dividen en: catiónicos con carga positiva, estos forman aniones y son más efectivos en cuerpos de aguas de pH ínfimos; aniónicos con carga negativa, forman cationes en el agua y son efectivos en pH altos; y no iónicos, que forman ambos tipos de iones mencionados anteriormente, pero demandan altas dosis en comparación con los otros tipos de coagulantes polieléctricos (15).

2.2.1.2.1 Catfloc como coagulante. Este compuesto químico es un poli eléctrico catiónico que está conformado principalmente por el policloruro de dialildimetilamonio en un 20 % de agentes activos, diluido en solución acuosa. Al igual que el PAC, este polieléctrico CAT-FLOC 8103 PLUS se puede usar en procesos de potabilización de agua; también se usa en aguas residuales, específicamente en la etapa de pretratamiento de clarificación de aguas residuales (16).

Propiedades del Catfloc

- Su efecto en el parámetro de pH y alcalinidad del agua potable es mínimo (17).
- Efectivo a bajas temperaturas (17).
- Tiene una remoción significativa de porcentaje de lodos (17).
- Produce flocs de gran tamaño, pero de fácil sedimentación, es por ello que evita el ingreso masivo de sales disueltas y partículas coloidales al agua tratada (17).
- Por último, se puede usar como sustituto o en conjunto con coagulantes inorgánicos (17).

2.2.2 Agua potable

Es aquella agua que es usada por el ser humano, no provoca daños a la salud y respeta los límites máximos permisibles organolépticos, físicos, químicos, biológicos y microbiológicos establecidos en la normatividad de calidad del agua de consumo humano (18).

2.2.2.1 Procesos primordiales en el tratamiento de agua potable. Los procesos principales de tratamiento de agua comprenden las etapas que están supeditadas en la mayoría de veces por la complejidad de las propiedades fisicoquímicas del agua cruda (19):

- Cribado

Es una etapa de pretratamiento a partir de la cual se erradican los sólidos de gran tamaño que vienen en el agua a través de rejillas: ramas, madera, piedras, plásticos, etc. Estas rejillas evitan el paso de estos restos sólidos quedándose retenidos (19).

- Coagulación

Este proceso se realiza mediante la adición de coagulantes con el objetivo de desestabilizar las cargas eléctricas de la materia coloidal para así removerlas. Este tiene una duración mínima que es fracciones de segundo; durante esta etapa intervienen dos indicadores principales como concentración de coagulante y el pH final de la mezcla (19).

- Floculación

Esta etapa es la continuación o complemento de la anterior etapa, ya que las partículas separadas eléctricamente por su tipo de carga se vuelven a juntar conformando los floc (19).

- Sedimentación

Este proceso consiste en que las partículas suspendidas en el agua se separan de la parte líquida por efecto de la gravedad. Estas partículas tienen una densidad mayor al agua para lograr un buen proceso de sedimentación, el cual tiene un resultado específico: un líquido clarificado y suspensión de partículas más concentradas (19).

- Filtración

Este proceso tiene la función principal: la división de partículas y ciertos organismos microbiológicos como virus y bacterias a través de una membrana porosa. Estos medios filtrantes por lo general tienen una eficiencia de remoción microbiológica mayor a 99 % (19).

- Desinfección

Considerado como el último proceso convencional del tratamiento de potabilización del agua, se ocupa principalmente de la eliminación de organismos microbiológicos con alto poder nocivo para la salud del ser humano, por lo cual se deduce que en esta etapa no se eliminan al 100 % todos los microorganismos infecciosos; esta etapa debe ser ayudada por etapas previas como coagulación-floculación, sedimentación y filtración para lograr la eliminación total de todo organismo nocivo (19).

2.2.3 Parámetros de calidad del agua potable

Compuestos por subgrupos de parámetros físicos (organolépticos), químicos y microbiológicos (20).

2.2.3.1 Parámetros de control obligatorio. Dentro de este grupo se encuentran parámetros físicos, químicos y biológicos, los cuales alteran la calidad estética del agua que está contemplada dentro del DS. 031-2010-SA. Entre los parámetros más destacados se encuentran: turbidez, pH y conductividad eléctrica (20).

- **Turbidez:** este parámetro mide la cantidad de sólidos, más que todo partículas coloidales que pueden ser arcilla, limo y fragmentos de rocas. Estos provienen de procesos de erosión de los ríos que transportan la materia orgánica hasta los procesos de captación o pretratamiento de las aguas naturales para su posterior potabilización (21).
- **Potencial de Hidrogeno:** mide la cantidad de iones de hidrógeno que están en la escala que abarca desde el 0 hasta el 14. Se ve involucrado directamente en los equilibrios de distintos compuestos químicos, considerando un compuesto ácido cuando está por debajo del 7 y alcalino cuando es mayor a 7. El valor pH de las aguas destinadas para el consumo humano debe estar dentro del rango de 6.5 y 8.5 (21).
- **Conductividad Eléctrica:** capacidad que poseen las aguas naturales para dirigir la corriente eléctrica; contiene iones que están en el agua en estado líquido. Este parámetro

cuando se eleva afecta el sabor, por exceso de cantidad de sales disueltas. Por otro lado, sí presenta una conductividad ínfima, es decir, muy poca concentración de sales disueltas genera que el agua sea insípida al momento de consumirla (21).

2.2.3.2 Parámetros químicos. De acuerdo al DS. 031-2010-SA, están conformados por compuestos orgánicos e inorgánicos que se encuentran disueltos en un medio acuoso, en este caso el agua. Lo inorgánicos se diferencian principalmente por no tener enlaces de carbono-hidrógeno en su estructura. Entre los indicadores principales están (20):

- Los bicarbonatos, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio y sodio (22).

Demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto (22).

2.2.3.3 Parámetros microbiológicos. De acuerdo a la normatividad peruana, estos indicadores perciben si hay una contaminación por bacterias o virus que presenten un potencial dañino y nocivo para la salud del ser humano. Los principales parámetros a considerar son los coliformes totales y la Escherichia Coli (20).

- Coliformes totales: son definidos como bacilos Gram negativos, aeróbicos no esporulados. En algunos casos es común encontrarlos en aguas naturales destinadas al consumo humano doméstico, debido a que estas fueron contaminadas por heces de origen animal o humano (18).
- Escherichia Coli: es miembro del subgrupo de bacterias Enterobacter, por lo tanto, es un peligro latente de contaminación de las aguas de consumo humano, provocando diarreas, enfermedades urinarias, respiratorias y hasta enfermedades hematológicas (18).

Capítulo III: Metodología

3.1 Método, tipo y alcance de la investigación

3.1.1 Método de investigación

El método general de este trabajo de investigación es el hipotético-deductivo, el cual describe que “las hipótesis son el centro, la médula o el eje del método deductivo, toman la estafeta de parte del planteamiento del problema en la ruta cuantitativa”(23); es decir, se planteará hipótesis que confirmen o nieguen la relación causa- efecto. Además, a partir de conocimientos previos recopilados en la revisión bibliográfica se establecerá la relación entre la dosis óptima del coagulante y las características fisicoquímicas del agua cruda para ver los efectos en la calidad del tratamiento de agua potable (PTAP) del proyecto minero Quellaveco.

3.1.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación desarrollada en esta tesis es de carácter aplicativo, porque usa los conocimientos y teorías científicas estudiadas anteriormente para resolver los problemas (24). Mediante la observación y aplicación a corto plazo se podrá optimizar el proceso del tratamiento de agua potable en la PTAP del proyecto minero Quellaveco.

3.1.3 Alcance de la investigación

Tiene un nivel o alcance descriptivo-explicativo porque existen ciertos estudios de investigación que se pueden incluir a través de la fase descriptiva. Primero define y mide variables y las caracteriza, así como al planteamiento referido. Con ello, en la fase explicativa, se da prioridad al conocimiento de la relación o el grado de asociación que existe entre dos o más conceptos o variables en un contexto en particular (23). Así, se tiene como partes principales experimentar distintas dosis de los coagulantes para interpretar las variaciones que afectarán las propiedades fisicoquímicas iniciales de las muestras de agua cruda en el ingreso a la planta, al tiempo que se observan las variaciones o modificaciones que tiene el proceso de tratamiento de agua potable.

3.1.4 Diseño de la investigación

El diseño es experimental debido a que un experimento es una situación de control en la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos) (23).

Dentro del diseño experimental se eligió el diseño completamente al azar a partir del cual se manejará o manipulará solo un factor de estudio, esto es, las dosis de los coagulantes (variable independiente). Mediante pruebas de laboratorio se analizarán los efectos en el agua cruda después del tratamiento, siguiendo el siguiente método:

- Diseño completamente al azar con efectos aleatorizados

En el caso del diseño experimental, los niveles del factor son muestras tomadas al azar que representan a una población con probables números de niveles llegando hasta el infinito. Lo característico de este método es que el investigador define el número de niveles o tratamientos al azar, lo cual significa que las conclusiones que se obtengan en estos niveles aplican para todos los posibles n – niveles del factor, debido a que los niveles aplicados en los ensayos de experimentación fueron elegidos al azar (25).

La expresión del modelo es la siguiente:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Respuesta.

μ : Efecto de la media de todos los datos.

τ_i : Efecto de todos los tratamientos.

ε_{ij} : Error residual del experimento.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población de estudio son las aguas captadas del río Asana que son almacenadas en las pozas Quintusa, las cuales abastecen a la PTAP Quellaveco que está georreferenciada en coordenadas UTM: 328553.00 m E y 8108166.00 m S, a 3604 m s.n.m perteneciente al Proyecto Anglo American Quellaveco. Este proyecto minero está localizado políticamente en el distrito de Torata, provincia de Mariscal Nieto, en el departamento de Moquegua.

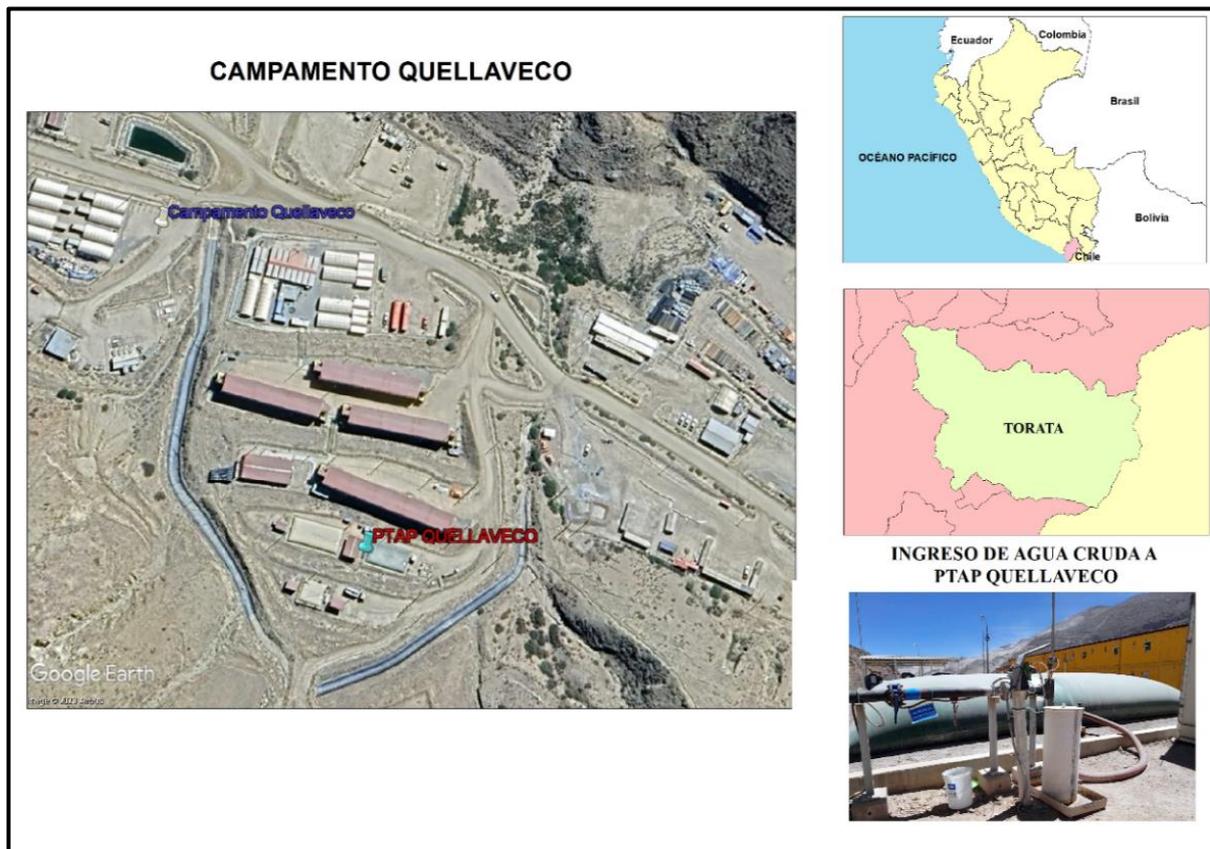


Figura 4. Mapa de ubicación de la PTAP Quellaveco

3.2.2 Muestra

A partir de la tubería de paso de poza a PTAP Quellaveco se sacó la muestra, la cual se obtiene de manera no probabilística haciendo un muestreo puntual que consistió en sacar 36 litros en dos galones de PVC de cinco galones de capacidad cada uno.

Se usaron seis litros para hacer una preprueba de jarras para determinar con qué rango de dosis de PAC se iba a emplear en las pruebas posteriores. Después de esta preprueba se usaron 12 litros para las pruebas realizadas con PAC. En el caso del Catfloc plus 8103, se hizo también una preprueba de jarras de seis litros; posteriormente ya se usaron los 12 litros para las dos pruebas de jarras realizadas con Catfloc.

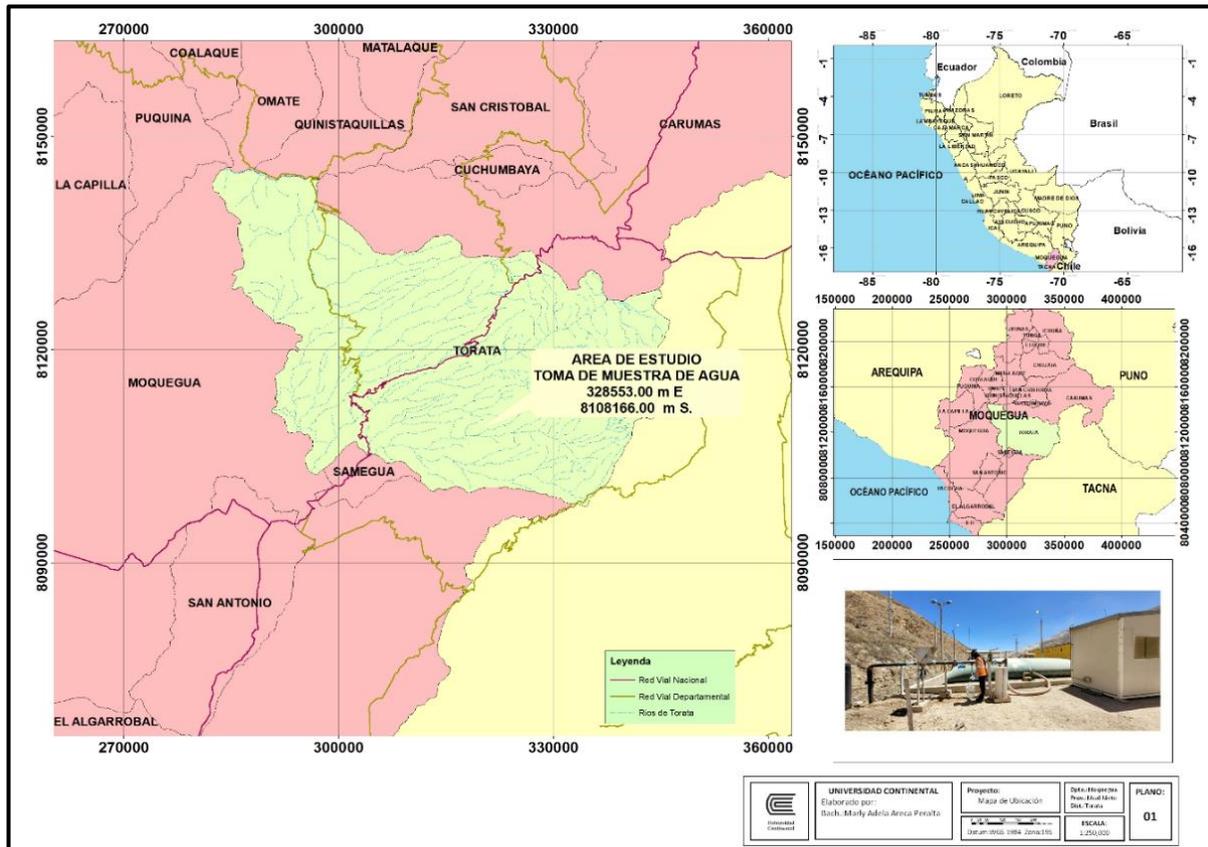


Figura 5. Mapa de ubicación de las muestras de agua

3.2.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.2.3.1 Proceso experimental.

Etapas 1. Revisión de la data de la PTAP

Se realizó mediante la recolección de información de datos de ambos turnos (día y noche) de las últimas semanas, los cuales se caracterizan por presentar precipitaciones

constantes en el área del campamento Quellaveco que pueden afectar las propiedades fisicoquímicas como el pH, turbidez y conductividad eléctrica.

Etapa 2. Toma de muestras del ingreso a la PTAP

Para la recolección de las muestras previamente se deberá desinfectar el grifo interna y externamente con alcohol al 70 %; después se abrirá la llave y se dejará correr por dos a tres minutos el flujo de agua. Antes de tomar las muestras de control se usará guantes estériles de nitrilo (26). Las muestras que serán evaluadas en el ensayo de jarras se depositarán en galones o bidones de polietileno (plástico). Para la evaluación general se usará 30 L de agua los cuales fueron almacenados en 2 bidones PVC de cuatro galones de capacidad.

Etapa 3: caracterización inicial de las muestras de agua cruda

El pre-monitoreo de las muestras de agua cruda se realizará en estas semanas del mes de agosto hacia adelante, para que los resultados sean más representativos. Los parámetros a medir son: turbiedad y pH.

Determinación de turbiedad

Para la medición del parámetro de turbiedad se empleó el turbidímetro o nefelómetro; previamente se limpió la celda de vidrio de medición con una línea de aforo donde se vertió las muestras de agua cruda con la ayuda de una jeringa; se procedió a medir poniendo la celda en el lector y se cerró, después se hundió el botón de encendido y luego se presionó el botón derecho superior esperando unos segundos hasta que se estabilizó la lectura. Se repitió este procedimiento para todas las muestras por igual.

Determinación de pH

Para la medición del parámetro de pH se empleó un multiparámetro que cuenta con la sonda de pH, la cual incluye su electrodo que sumergió en la jarra o vaso precipitado aproximadamente 500 ml de muestra. Para ello se encendió el equipo presionando el botón de encendido y luego se presionó el botón del centro esperando unos segundos hasta que se estabilizó la lectura. Este procedimiento se repitió para cada muestra.

Etapa 4: Preparación de soluciones de coagulantes

Para encontrar la concentración ideal de la solución se consideraron diversos factores como al diagnóstico previo que se hizo mediante la recolección de data histórica de monitoreos previos; se maneja un promedio de 35 NTU al ingreso de la entrada de la PTAP. En base a la data anterior, se consultó la bibliografía basada en el instructivo de preparación de soluciones de coagulantes y floculantes descritos paso a paso donde dan soluciones iniciales de 10 % , 5 % o 1 % para el coagulante PAC (27).

- **Solución de Policloruro de aluminio (PAC) al 1%**

Después de preparar la solución de 5 % se elaboró una solución al 1 %. Para ello se usó, también, la fórmula de soluciones: $C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$. Esta fórmula se usó a escala laboratorio con el fin de hallar el volumen inicial para elaborar dicha solución.

Fórmula de soluciones:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

Donde:

C_1 : Concentración inicial.

V_1 : Volumen inicial.

C_2 : Concentración final.

V_2 : Volumen final.

Se reemplazó en la fórmula:

$$17\% \times V_1 = 1\% \times 100\text{ml}$$

$$V_1 = \frac{1\% \times 100\text{ml}}{17\%}$$

$$V_1 = 5,88\text{ml}$$

- **Solución de Catfloc al 0.1%**

La hoja MSDS y etiqueta del Catfloc indican las especificaciones del producto y su concentración inicial. Después de la recolección se eligió hacer una concentración al 0.1 % debido al diagnóstico previo que se hizo mediante la recolección de data histórica de monitoreos previos. Así, se maneja un promedio de 35 NTU al ingreso de la entrada de la PTAP. Además, se consultó el manual de procedimiento de soluciones de coagulantes y floculantes de plantas de tratamiento de agua potable, el cual sugiere que los polímeros sintéticos catiónicos, debido a su alto peso molecular y viscosidad, deben estar entre el rango de 0.1 % y 0.5 %. En este caso se adecuó esta solución para el nivel de turbiedad de ingreso. Para ello se usó la fórmula de soluciones a escala de laboratorio, con el fin de hallar el volumen inicial para elaborar dicha solución (27).

Formula de soluciones:

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

Donde:

C_1 : Concentración inicial.

V_1 : Volumen inicial.

C_2 : Concentración final.

V_2 : Volumen final.

Se reemplazó en la formula:

$$20\% \times V_1 = 0.1\% \times 100\text{ml}$$

$$V_1 = \frac{0.1\% \times 100\text{ml}}{20\%}$$

$$V_1 = 0.5 \text{ ml}$$

Etapla 5: preparación de dosis para jarras

Se realizó una regla de tres compuesta basada en lo establecido en el instructivo de la planta de Sedapar de Arequipa (27).

Se aplicó la siguiente regla de tres compuesta para hallar el volumen que se vertió en cada jarra de acuerdo a la dosis planteada para cada una. Por ejemplo, se pondrá en la fila superior la concentración de la solución de PAC, que es de 1 % (10000 mg/L) y corresponde a 1ml_____10mg/L. Para la primera jarra con dosis de PAC se aplicó lo siguiente (27):

$$\begin{array}{l} 1\text{ml} \quad ______ \quad 10\text{mg} \quad ______ \quad 1 \text{ L} \\ X \quad ______ \quad 2\text{mg} \quad ______ \quad 1 \text{ L} \end{array}$$

$$X=0.2 \text{ ml}$$

Se realizó lo mismo para las demás pruebas con PAC.

De igual manera, se realizó la regla de tres compuesta para los polímeros; solo se cambió la concentración del coagulante Catfloc, que fue de 0.1 % equivalente a 1 ml_____1mg/L (27).

$$\begin{array}{l} 1\text{ml} \quad ______ \quad 1\text{mg} \quad ______ \quad 1 \text{ L} \\ X \quad ______ \quad 0.1\text{mg} \quad ______ \quad 1 \text{ L} \end{array}$$

$$X=0.1 \text{ ml}$$

Etapla 6: tratamiento de muestras de agua mediante el ensayo de jarras con PAC

al 1 %

Este ensayo de jarras con PAC al 1 % constó de dos corridas o pruebas y fue ejecutado en el laboratorio. Primero se llenó a 1 litro de agua cada B-KER, luego se programó eligiendo tiempos y velocidades guardadas en memorias secuenciales del equipo.

- **Prueba 01:** en el caso de la primera corrida, se comenzó con la mezcla rápida que es de 150 RPM por un minuto. Durante esta mezcla se añadió a cada B-KER las dosis en forma creciente desde 0.1ml, 0.2ml, 0.4 ml 0.6 ml, 0.8ml, 1.0ml y 1.2ml; luego se hizo una mezcla lenta de 45 revoluciones por minuto (RPM), y para la sedimentación se trabajó a 0 RPM por 20 minutos.
- **Prueba 03:** en la segunda corrida se comenzó con la mezcla rápida, la cual es de 150 RPM por un minuto. Durante esta mezcla se añadió a cada B-KER las dosis en forma creciente desde 0.1ml, 0.2ml, 0.3 ml, 0.4 ml, 0.5ml y 0.6ml; luego se hizo una mezcla rápida de 150 revoluciones por minuto (RPM) por un minuto. Luego se hizo la mezcla lenta, que fue de 45 RPM por 15 minutos, y para la sedimentación 0 RPM por 20 minutos.

Etapas 6: tratamiento de muestras de agua mediante el ensayo de jarras con Catfloc al 0,1 %

- **Prueba 02:** este ensayo de jarras con Catfloc al 0.1 % fue ejecutado en el laboratorio. Primero se llenó un litro de agua en cada B-KER, luego se programó eligiendo tiempos y velocidades guardadas en memorias secuenciales del equipo. Se comenzó con la mezcla rápida, que es de 150 RPM por un minuto. Durante esta mezcla se añadió a cada B-KER las dosis en forma creciente desde 0.1ml, 0.2ml, 0.3ml, 0.4 ml, 0.8ml y 1.0ml; luego se hizo una mezcla lenta de 45 revoluciones por minuto (RPM) por 15 minutos. Por último, se hizo la sedimentación 0 RPM por 20 minutos.
- **Prueba 04:** este ensayo de jarras con Catfloc al 0.1 % fue ejecutado en el laboratorio. Primero se llenó un litro de agua en cada B-KER, luego se programó eligiendo tiempos y velocidades guardadas en memorias secuenciales del equipo. Se comenzó con la mezcla rápida, que es de 150 RPM por un minuto. Durante esta mezcla se añadió a cada B-KER las dosis en forma creciente desde 0.1ml, 0.2ml, 0.3ml, 0.4 ml, 0.5ml y 0.6ml;

luego se hizo una mezcla lenta de 45 revoluciones por minuto (RPM) por 15 minutos.

Por último, se hizo la sedimentación 0 RPM por 20 minutos.

3.2.3.2 Técnica para realizar el análisis físico-químico. La técnica de ensayo que se utilizó para cada indicador físico-químico en la presente investigación se muestra en la tabla 2.

Tabla 2

Métodos de medición de parámetros físico-químicos

Parámetros	Método
Turbidez	Norma Técnica NTP 214.006 2020. Calidad de Agua. Determinación de turbiedad. Método nefelométrico (3ª edición).
pH	Norma Técnica NTP 214.029:2015. Calidad de Agua. Determinación de pH en agua. Método electrométrico (3ª edición).

Nota. Tomada de “Norma Técnica NTP 214.006 Peruana 2020 Calidad de Agua. Determinación de turbiedad. Método nefelométrico (3ª edición)” y “Norma Técnica NTP 214.049: 2015 Peruana 2020. Calidad de Agua. Determinación de pH”(28).

3.2.3.3 Equipos.

- Turbidímetro

Se utilizar para determinar el parámetro de turbiedad que mide la materia coloidal presente en el agua; para ello se empleó un turbidímetro de la marca Hach 2100 Q que está verificado y calibrado con los estándares de verificación de 10 NTU, 20 NTU, 100 NTU y 800 NTU (28). Este certificado determina su calibración por la ISO 9001:2015.

- pH metro

Para la medición del parámetro de pH, es decir, el potencial de hidrógenos, se empleó un multiparámetro de la marca Hach HQ 2200 (29). Cuenta con la sonda de pH que está verificado y calibrado; para ello fue verificado con las soluciones buffer de 4.00pH, 7.00pH y 10.00 pH. Este certificado determina su calibración por la ISO 9001:2015.

- **Equipo de prueba de jarras**

Para el ensayo de jarras se usó el equipo de la marca PHIPPS & BIRD, utilizado para realizar distintas corridas o pruebas en las cuales se busca dosis óptimas, desde donde se trabajó a distintas velocidades y tiempos distintos.

Capítulo IV: Resultados y discusión

4.1 Resultados de las pruebas de jarra con PAC, Catfloc y análisis de la información

4.1.1 Prueba 01 con PAC

A comienzos del mes de agosto se analizó muestras de agua que fueron recolectadas al ingreso de la planta. Esta temporada está considerada en época de estiaje por ausencia de lluvias. Se tomaron los siguientes parámetros físico-químicos iniciales, los cuales fueron usados para las pruebas N°1 y N°2.

Tabla 3

Parámetros físico-químicos iniciales del agua cruda para la prueba N°1 y N°2

Turbidez agua cruda	pH
12 NTU	7.136

Tabla 4

Resultados de la prueba de jarras N°1 con PAC al 1%

Prueba N° 1	CONDICIONES DE PRUEBA DE JARRAS			TIPO DE COAGULANTE	
	Mezcla Rápida	Mezcla Lenta	Sedimentación		PAC al 1 % (Solución patrón)
	Tiempo: 1 min	Tiempo: 15 min	Tiempo: 20 min		
	Velocidad: 150 RPM	Velocidad: 45 RPM	Velocidad: 0 RPM		
	Prueba de jarras		Agua Sedimentada		
Jarras N°	Coagulante (ml)	Dosis (mg/L)	Turbiedad (NTU)	pH	Índice de Willcomb
1	0.2	2	2.19	7.133	8
2	0.4	4	6.57	7.130	6
3	0.6	6	9.60	7.117	4
4	0.8	8	8.51	7.122	4
5	1	10	8.53	7.123	4
6	1.2	12	11.04	7.092	2

Según los resultados, el parámetro de pH se mantiene en rango neutro de 7 sin presentar muchas variaciones entre cada jarra. Sin embargo, con el parámetro de turbidez solo la primera jarra presenta una elevada disminución a 2.19 NTU, mientras que las demás no sobrepasan la turbidez inicial de 12 NTU, pero no son consideradas como resultados adecuados, ya que no cumplen con el D.S 031-2010 SA. Por otro lado, el índice de Willcomb especifica a más detalle la formación de flóculos teniendo el puntaje de 8 para la primera jarra que se denomina "bueno", lo cual denota que el floculo decanta muy fácilmente, pero no en su totalidad, dejando muy pocos flocs dispersos en suspensión. Se concluye que la dosis óptima en esta prueba es de 2mg/l.

4.1.2 Prueba 02 con Catfloc

Del mismo modo que para la prueba de jarras con PAC, se recolectaron muestras de agua al ingreso de la planta para realizar pruebas con el Catfloc. Esta temporada está considerada en época de estiaje por ausencia de lluvias.

Tabla 5

Resultado de la prueba de jarras N°2 con Catfloc al 0.1 %

Prueba N° 2	CONDICIONES DE PRUEBA DE JARRAS			TIPO DE COAGULANTE	
	Mezcla Rápida	Mezcla Lenta	Sedimentación		Catfloc al 0.1% (Solución patrón)
	Tiempo: 1 min	Tiempo: 15 min	Tiempo: 20 min		
	Velocidad: 150 RPM	Velocidad: 45 RPM	Velocidad: 0 RPM		
	Prueba de jarras		Agua Sedimentada		
Jarras N°	Coagulante (ml)	Dosis (mg/L)	Turbiedad (NTU)	pH	Índice de Willcomb
1	0.1	0.1	3.11	7.133	2
2	0.2	0.2	5.10	7.128	4
3	0.3	0.3	4.19	7.119	6
4	0.4	0.4	1.94	7.115	8
5	0.8	0.8	5.69	7.130	4
6	1	1.0	4.43	7.122	4

Según los resultados, el parámetro de pH se mantiene en rango neutro de 7 sin presentar muchas variaciones entre cada jarra. Para el parámetro de turbidez se observa que solo la cuarta jarra presenta una gran disminución llegando al valor de 1.94 NTU, mientras que las demás no sobrepasan la turbidez inicial de 33 NTU, pero no son consideradas como resultados adecuados, ya que no cumplen con el D.S 031-2010 SA. Otro indicador de evaluación, como el índice de Willcomb, detalla con el puntaje de 8 para las jarra N°4 que se denomina "bueno", lo cual denota que el floculo decanta muy fácilmente, pero no en su totalidad, dejando muy pocos flocs dispersos en suspensión. Se concluye que la dosis óptima en esta prueba es de 0.4mg/l.

4.1.3 Prueba 03 con PAC

A fines del mes de agosto se analizaron muestras de agua que fueron recolectadas al ingreso de la planta. Esta temporada está considerada en época de estiaje por ausencia de lluvias. Se tomaron los siguientes parámetros físico-químicos iniciales.

Tabla 6

Parámetros físicoquímicos iniciales del agua cruda para la prueba N°3 y N°4

Turbidez agua cruda	pH
33.3 NTU	7.27

Tabla 7

Resultado de la prueba de jarras N°3 con PAC al 1 %

Prueba N° 3	CONDICIONES DE PRUEBA DE JARRAS			TIPO DE COAGULANTE
	Mezcla Rápida	Mezcla Lenta	Sedimentación	PAC al 1% (Solución madre)
	Tiempo: 1 min	Tiempo: 15 min	Tiempo: 20 min	
	Velocidad: 150 RPM	Velocidad: 45 RPM	Velocidad: 0 RPM	
Prueba de jarras			Agua Sedimentada	

Jarras N°	Coagulante (ml)	Dosis (mg/L)	Turbiedad (NTU)	pH	Índice de Willcomb
1	0.1	1	6.71	7.231	2
2	0.2	2	3.74	7.261	6
3	0.3	3	2.78	7.264	8
4	0.4	4	2.25	7.269	8
5	0.5	5	5.68	7.238	4
6	0.6	6	5.67	7.234	4

Según los resultados, el parámetro de pH se mantiene en rango neutro de 7 sin presentar muchas variaciones entre cada jarra. Para el parámetro de turbidez la tercera y cuarta jarra presentan una gran disminución a 2.78 NTU y 2.25 NTU, respectivamente, mientras que las demás no sobrepasan la turbidez inicial de 12 NTU, pero no son consideradas como resultados adecuados, ya que no cumplen con el D.S 031-2010 SA. Por otro lado, en el índice de Willcomb detalla con el puntaje de 8 para las jarras N°3 y N°4 que se denomina "bueno", lo cual denota que el floculo decanta muy fácilmente, pero no en su totalidad, dejando muy pocos flocs dispersos en suspensión. Se concluye que la dosis óptima en esta prueba está entre los valores de 3mg/l y 4mg/l.

4.1.4 Prueba 04 con Catfloc

Se recolectaron muestras para la prueba de jarras con PAC y para el Catfloc.

Tabla 8

Resultado de la prueba de jarras N°4 con Catfloc al 0.1 %

Prueba N° 4	CONDICIONES DE PRUEBA DE JARRAS			TIPO DE COAGULANTE
	Mezcla Rápida	Mezcla Lenta	Sedimentación	Catfloc al 0.1%
	Tiempo: 1 min	Tiempo: 15 min	Tiempo: 20 min	
	Velocidad: 150 RPM	Velocidad: 45 RPM	Velocidad: 0 RPM	
Prueba de jarras			Agua Sedimentada	

Jarras N°	Coagulante (ml)	Dosis (mg/L)	Turbiedad (NTU)	pH	Índice de Willcomb
1	0.1	0.1	1.32	7.261	8
2	0.2	0.2	2.11	7.269	6
3	0.3	0.3	1.37	7.263	8
4	0.4	0.4	1.20	7.266	8
5	0.5	0.5	2.03	7.237	6
6	0.6	0.6	3.26	7.270	2

Según los resultados, el parámetro de pH se mantiene en rango neutro de 7 sin presentar muchas variaciones entre cada jarra. Para el parámetro de turbidez se observa que solo la cuarta jarra presenta una gran disminución llegando al valor de 1.20 NTU, mientras que las demás no sobrepasan la turbidez inicial de 33 NTU, es decir, sí son consideradas como resultados adecuados, ya que cumplen con el D.S 031-2010 SA. Otro indicador de evaluación como el índice de Willcomb detalla con el puntaje de 8 para las jarra N°4 que se denomina "bueno", lo cual denota que el floculo decanta muy fácilmente, pero no en su totalidad, dejando muy pocos flocs dispersos en suspensión. Se concluye que la dosis óptima en esta prueba es de 0.4mg/L.

Tabla 9

Resumen de comparación de turbidez inicial y final lograda con PAC y Catfloc

Turbidez del Río Asana					
Pruebas de ensayo		N° de Jarra	PAC	Catfloc	T. Inicial
Prueba 1 PAC al 1%	Prueba 2 Catfloc al 0.1%	Jarra 1	2.19	11.1	12
		Jarra 2	6.57	5.1	12
		Jarra 3	9.6	4.19	12
		Jarra 4	8.51	1.94	12
		Jarra 5	8.53	5.69	12
		Jarra 6	11.04	4.43	12
Prueba 3	Prueba 4 Catfloc	Jarra 7	6.71	1.32	33.3
		Jarra 8	3.74	2.11	33.3
		Jarra 9	2.78	1.37	33.3

PAC al 1%	al 0.1%	Jarra 10	2.25	1.20	33.3
		Jarra 11	5.68	2.03	33.3
		Jarra 12	5.67	3.26	33.3

Tabla 10

Resumen de comparación de pH inicial y final lograda con PAC y Catfloc como parámetro de hallazgo

pH de Río Asana					
Pruebas de ensayo		N° de Jarra	PAC	Catfloc	pH. Inicial
Prueba 1 PAC al 1%	Prueba 2 Catfloc al 0.1%	Jarra 1	7.133	7.133	7.136
		Jarra 2	7.130	7.128	7.136
		Jarra 3	7.117	7.119	7.136
		Jarra 4	7.122	7.115	7.136
		Jarra 5	7.123	7.13	7.136
		Jarra 6	7.092	7.122	7.136
Prueba 3 PAC al 1%	Prueba 4 Catfloc al 0.1%	Jarra 7	7.231	7.261	7.274
		Jarra 8	7.261	7.269	7.274
		Jarra 9	7.264	7.263	7.274
		Jarra 10	7.269	7.266	7.274
		Jarra 11	7.238	7.237	7.274
		Jarra 12	7.234	7.270	7.274

En la tabla 9 se pudo observar los resultados de pH de las cuatro pruebas que se realizaron en total. Se puede observar que en la prueba 1 de PAC al 1 % sobresale la dosis de 2 mg/l, la cual varió de 7.136 hasta 7.133, diferenciándose ampliamente de la dosis de 12 mg/L que tuvo un cambio de 7.136 hasta 7.092

En el caso de la prueba 2 de Catfloc al 0.1 % destaca la dosis de 0.1 mg/L obteniendo una variación desde 7.136 hasta 7.130, diferenciándose de la dosis de 0.4 mg/L, la cual altera el pH inicial de 7.136 hasta 7.115.

Mientras en la prueba 3 de PAC al 1 % destaca la dosis de 4 mg/l, que logró la diferencia de 7.27 hasta 7.269 en el pH, diferenciándose de la dosis de 1mg/L, la cual altera el pH inicial hasta 7.231

Por último, en la prueba 4 de Catfloc al 0.1 % sobresale la dosis de 0.6 mg/l, logrando una variación de 7.27 hasta 7.270 en el pH, diferenciándose de la dosis de 0.5 mg/L, la cual altera el pH inicial de la muestra de 7.27 hasta 7.237.

Como se pueden ver en las cuatro pruebas, la variación de pH no es tan significativa como en otros estudios, como el realizado en la empresa Emcodazzi donde presentaba rangos de diferencias amplios en el pH que iban desde 7.71 hasta 8.03 para turbiedades bajas inferiores de 45 NTU(8). En cambio, en este estudio las aguas naturales del río Asana son aguas naturales de pH neutro con turbiedades bajas menores a 35 NTU, es por ello que aun aplicando dosis elevadas de coagulantes ácidos como el PAC no llegó a alterar en demasía la concentración de iones hidrógenos (30). Esto también guarda relación con la composición del PAC al ser sales de aluminio prepolimerizado que no alteran tanto el pH como lo haría el cloruro férrico o sulfato de aluminio, solo presentando un porcentaje mínimo de variación de 0.6 % en comparación con los anteriores que logran hasta 2.4 % de variación (2).

4.1.5 Ecuación para hallar el porcentaje de remoción de turbidez

Con los resultados de cada prueba por coagulante se puede saber el porcentaje de remoción de turbidez, que se realiza con el objetivo de elegir qué ensayo se ajusta más al proceso del agua mediante la comparación de cada jarra a través del porcentaje de remoción de turbidez.

$$\%Remoción = \frac{Turbidez\ inicial - Turbidez\ final}{Turbidez\ inicial} \times 100$$

Con los valores de la tabla anterior se halló, a partir de la ecuación de remoción de turbidez, el porcentaje de remoción de turbidez

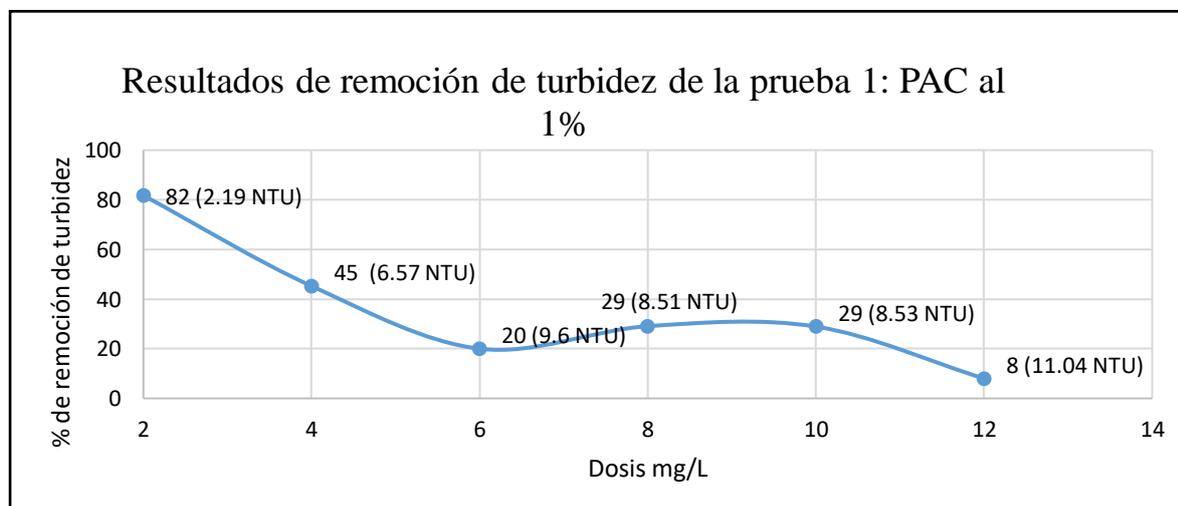
Tabla 11

Comparación de % de remoción de turbidez final logrado con PAC y Catfloc

Remoción de Turbiedad de Río Asana				
Pruebas de ensayo		N° de Jarra	% de remoción de PAC	% de remoción de Catfloc
Prueba 1 PAC al 1%	Prueba 2 Catfloc al 0.1%	Jarra 1	82	8
		Jarra 2	45	58
		Jarra 3	20	65
		Jarra 4	29	84
		Jarra 5	29	53
		Jarra 6	8	63
Prueba 3 PAC al 1%	Prueba 4 Catfloc al 0.1%	Jarra 7	80	96
		Jarra 8	89	94
		Jarra 9	92	96
		Jarra 10	93	96
		Jarra 11	83	94
		Jarra 12	83	90

Figura 6

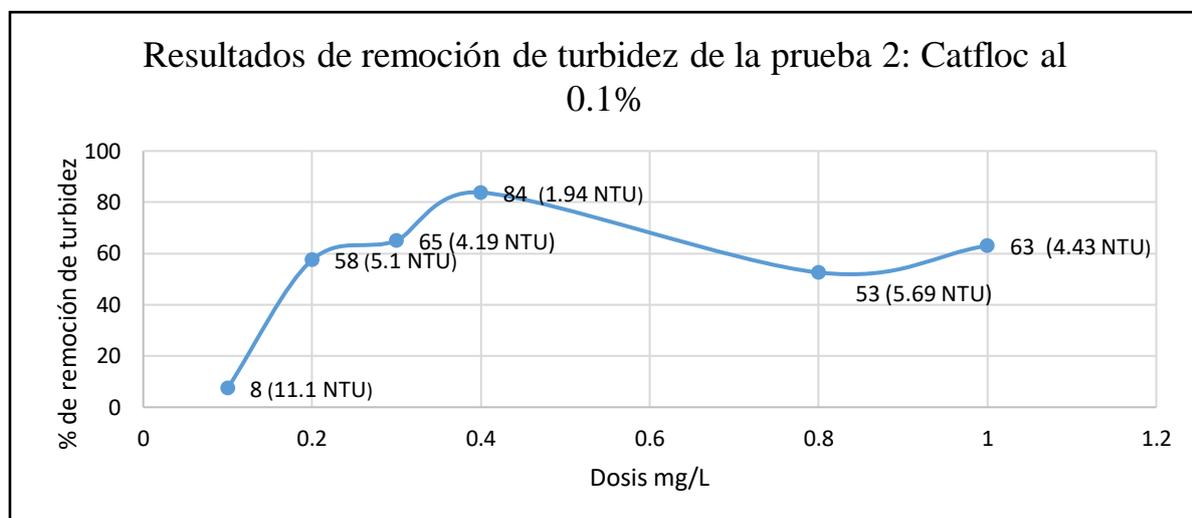
Relación de los resultados de remoción de turbidez respecto a la dosis del coagulante en la prueba N°1



En esta gráfica 6 se puede ver que en la prueba 1 de PAC al 1 % solo se destaca la dosis de 2 mg/l, la cual logró una disminución de 12 NTU a 2.19 NTU, logrando una eficiencia de 82 % y diferenciándose de las dosis de 6 mg/L y 12mg/L que alcanzaron valores de eficiencia muy ínfimos de 20 % y 8 %, respectivamente.

Figura 7

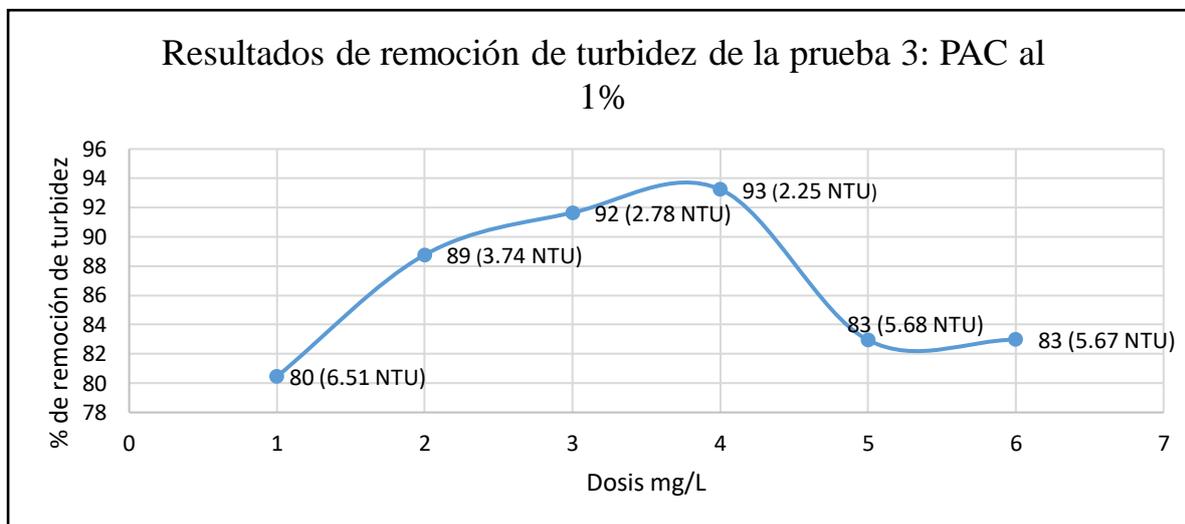
Relación de los resultados de remoción de turbidez respecto a la dosis del coagulante en la prueba N°2



En esta gráfica 7 se puede ver que en la prueba 2 de Catfloc al 0.1% solo se destaca la dosis de 0.4 mg/l, la cual disminuyó de 12 NTU a 1.94 NTU, logrando una eficiencia de 84 % y diferenciándose de las dosis de 0.2 mg/L y 0.8mg/L que alcanzaron valores de remoción muy ínfimos de 8 % y 53 %, respectivamente.

Figura 8

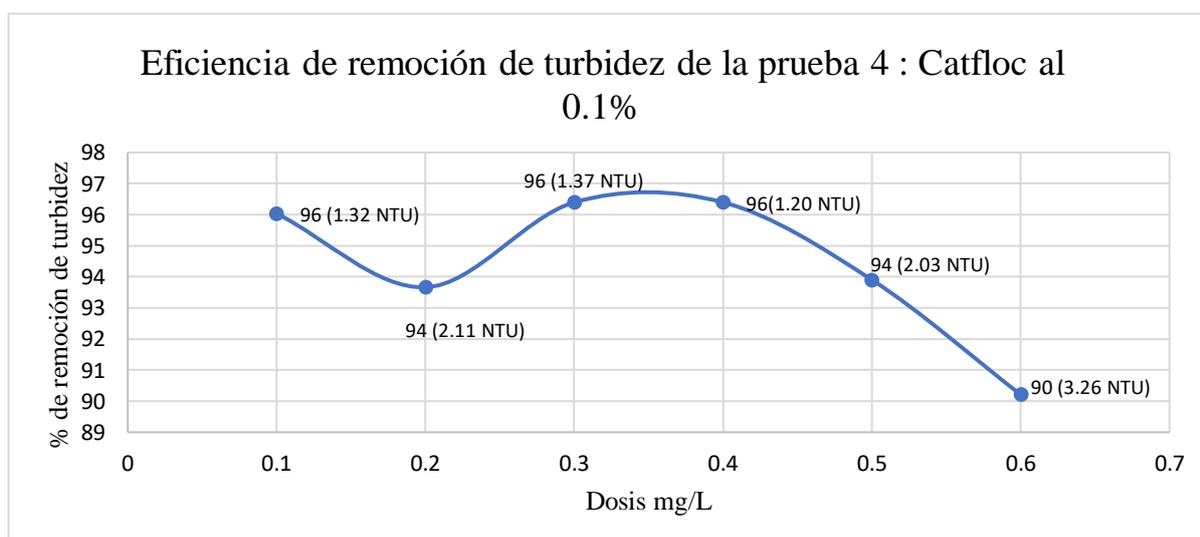
Relación de los resultados de remoción de turbidez respecto a la dosis del coagulante en la prueba N°3



En esta gráfica 8 se puede ver que en la prueba 3 de PAC al 1 % solo se destaca la dosis de 4 mg/l, la cual se removió de 33.3 NTU hasta 2.25NTU logrando una eficiencia de 93% y diferenciándose de las dosis de 1 mg/L y 5 mg/L que alcanzaron valores de remoción muy ínfimos de 80 % y 83 %, respectivamente.

Figura 9

Relación de los resultados de remoción de turbidez respecto a la dosis del coagulante en la prueba N°4.



En esta gráfica 9 se puede ver que en la prueba 4 de Catfloc al 0.1 % destaca la dosis de 0.4 mg/l que se removi6 de 33.3 NTU hasta 1.20NTU, logrando una eficiencia de 96 % y diferenciándose de las dosis de 0.6 mg/L que alcanzaron un 90 % de eficiencia. A diferencia de las dem6s pruebas, en esta se observa una remoci6n m6s constante entre 96 % y 94 % de eficiencia, lo cual muestra un comportamiento m6s lineal y uniforme.

4.2 An6lisis estadístico de la informaci6n

Se aplic6 el diseño completamente al azar porque solo se tiene una variable alterada que es manipulada aleatoriamente conservando el mismo n6mero de replicas por cada jarra y coagulante.

4.2.1 Par6metro analizado

4.2.1.1 Turbidez. Para realizar el an6lisis estadístico primero se determin6 si los datos o resultados obtenidos en la etapa experimental son param6tricos, para lo cual se realiz6 una prueba de normalidad para la variable de remoci6n turbidez con la finalidad de determinar si existe una distribucional normal o particular entre las muestras.

Prueba de normalidad

Tabla 12

Prueba de Normalidad: Shapiro-Wilk ($\alpha=0.05$) para la remoci6n de turbidez

	Estadístico	gl	Sig.(p)
Remoci6n de PAC	0.825	12	0.018
Remoci6n de Catfloc	0.798	12	0.009

En la tabla 12 se puede observar que en los tres grupos de estudio si existen diferencias significativas en relaci6n al valor de significancia (p), el cual est6 con el nivel de significancia $\alpha=0.05$, inferior al valor de α debido a que los tres valores son menores al α ; por lo tanto, se concluy6 que los datos no tienen una distribuci6n sim6trica o normal y es por ello que se aplic6 una estadística no param6trica

Elección de la prueba estadística: Kruskal-Wallis

Tabla 13

Prueba estadística de Kruskal-Wallis empleada para la remoción de turbidez

	Remoción de Turbidez
H de Kruskal-Wallis	18.238
gl	3
Sig. asintótica	0.000

En la tabla 13 se puede observar que los resultados agrupados según las pruebas dieron como resultado 0.000e, 1 cual es menor al nivel de significancia de $\alpha=0.05$, por lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna; esto indica que sí existen diferencias significativas en relación a la remoción de turbidez en los cuatro grupos de estudio. Sin embargo, con el fin de saber cuál de las cuatro pruebas es la ideal para remover o disminuir la turbidez inicial del agua, se realizó una prueba post análisis para identificar cuál de los grupos tuvo mejor remoción de turbidez. Así, se eligió la prueba de U Mann-Whitney, la cual es ideal para comparar en parejas cada una de las pruebas y obtener cuáles son las más eficientes para el parámetro de turbidez.

Elección de la prueba estadística: U Mann-Whitney para la prueba N°1 y N°2

Tabla 14

Prueba estadística de U Mann-Whitney empleada para la remoción de turbidez de la prueba N°1 y N°2

	Remoción de Turbidez
U de Mann-Whitney	9.500
W de Wilcoxon	30.500
Z	-1.366
Sig. asintótica(bilateral)	0.172
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,180 ^b

b. No corregido para empates.

En la tabla 14 se puede observar que los resultados de los dos grupos de estudio a comparar dieron como resultado 0.172, el cual es mayor al nivel de significancia de $\alpha=0.05$, por lo que se niega la hipótesis alterna y se acepta la nula, indicando así que no existen diferencias significativas en relación a la remoción de turbidez en los dos grupos de estudio que son las pruebas de ensayo N.º 1 y N.º 2.

Elección de la prueba estadística: U Mann-Whitney para la prueba N°1 y N°3

Tabla 15

Prueba estadística de U Mann-Whitney empleada para la remoción de turbidez de la prueba N°1 y N°3

	Remoción de Turbidez
U de Mann-Whitney	1.000
W de Wilcoxon	22.000
Z	-2.732
Sig. asintótica(bilateral)	0.006
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,004 ^b

b. No corregido para empates.

En la tabla 15 se puede observar que los resultados de los dos grupos de estudio a comparar dieron como resultado 0.006, el cual es menor al nivel de significancia de $\alpha=0.05$, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la nula, indicando así que sí existen diferencias significativas en relación a la remoción de turbiedad en las pruebas de ensayo N.º1 y N.º3.

De acuerdo a los resultados estadísticos, en la prueba 3 correspondiente al PAC las jarras tenían un intervalo de 1 de diferencia entre ellas, es por ello que los tratamientos de 0.3 mg/L y 0.4 mg/L son los que removieron una mayor remoción de turbidez de 92 % y 93 %, respectivamente.

respectivamente. En comparación con la prueba 1 que se usó también PAC, cuyo intervalo se amplió a dos destacando la dosis de 2 mg/L que hizo una remoción de turbidez hasta un 82 %.

Elección de la prueba estadística: U Mann-Whitney para la prueba N.º1 y N.º4

Tabla 16

Prueba estadística de U Mann-Whitney empleada para la remoción de turbidez de la prueba N.º1 y N.º4

	Remoción de Turbidez
U de Mann-Whitney	0.000
W de Wilcoxon	21.000
Z	-2.913
Sig. asintótica(bilateral)	0.004
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,002 ^b

b. No corregido para empates.

En la tabla 16 se puede observar que los dos grupos de estudio a comparar dieron como resultado 0.004, el cual es menor al nivel de significancia de $\alpha=0.05$, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la nula, indicando así que sí existen diferencias significativas en relación a la remoción de turbidez en las pruebas de ensayo N.º1 y N.º4.

De acuerdo a los resultados estadísticos, la prueba 4 correspondiente al Catfloc, en la cual sobresalió las dosis empleadas en las jarras, tenía un intervalo de 0.1 de diferencia entre ellas, logrando así que los tratamientos de 0.1 mg/L, 0.3 mg/L y 0.4 mg/L tuvieran una mayor remoción de turbidez de 96 % en relación a las demás. En comparación con la prueba 1 la cual se usó PAC donde el intervalo fue de 2 y destacó la dosis de 2 mg/L que tuvo una remoción de turbidez hasta un 82 %.

Elección de la prueba estadística: U Mann-Whitney para la prueba N.º2 y N.º3

Tabla 17

Prueba estadística de U Mann-Whitney empleada para la remoción de turbidez de la prueba N.º2 y N.º3.

	Remoción de Turbidez
U de Mann-Whitney	3.000
W de Wilcoxon	24.000
Z	-2.406
Sig. Asintótica (bilateral)	0.016
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,015 ^b

b. No corregido para empates.

En la tabla 17 se puede observar que los dos grupos de estudio a comparar dieron como resultado 0.016, el cual es menor al nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la nula, indicando así que sí existen diferencias significativas en relación a la remoción de turbidez en las pruebas de ensayo N.º2 y N.º3.

De acuerdo a los resultados estadísticos, la prueba 3 correspondiente al PAC, en el que las dosis empleadas en las jarras tenían un intervalo de 1 de diferencia entre ellas, logró así que el tratamiento de 4 mg/L tuviera una remoción de turbidez de 93 % mayor a los demás. En comparación con la prueba 2 en la que se usó Catfloc donde el intervalo fue de 0.2, destacando la dosis de 0.4 mg/L la cual tuvo una remoción de turbidez de hasta un 84 %.

Elección de la prueba estadística: U Mann-Whitney para la prueba N.º2 y N.º4

Tabla 18

Prueba estadística de U Mann-Whitney empleada para la remoción de turbidez de la prueba N.º2 y N.º4.

	Remoción de Turbidez
U de Mann-Whitney	0.000
W de Wilcoxon	21.000
Z	-2.908
Sig. Asintótica (bilateral)	0.004
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,002 ^b

b. No corregido para empates.

En la tabla 18 se puede observar que los dos grupos de estudio a comparar dieron como resultado 0.004, el cual es menor al nivel de significancia de $\alpha=0.05$, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la nula, indicando así que sí existen diferencias significativas en relación a la remoción de turbidez en las pruebas de ensayo N.º2 y N.º4.

De acuerdo a los resultados estadísticos, la prueba 4 correspondiente al Catfloc, en el cual las dosis empleadas en las jarras tenían un intervalo de 0.1 de diferencia entre ellas, logró que los tratamientos de 0.1 mg/L, 0.3 mg/L y 0.4 mg/L obtuvieran una mayor remoción de turbidez de 96 % en relación a las demás. En comparación con la prueba 2, la cual usó también Catfloc, donde el intervalo se amplió a 0.2, por lo que solo destacó el tratamiento de 0.4 mg/L que tuvo una remoción de turbidez de 84 %.

Elección de la prueba estadística: U Mann-Whitney para la prueba N°3 y N°4

Tabla 19

Prueba estadística de U Mann-Whitney empleada para la remoción de turbidez de la prueba N°2 y N°4.

	Remoción de Turbidez
U de Mann-Whitney	2.000
W de Wilcoxon	23.000
Z	-2.589
Sig. Asintótica (bilateral)	0.010
Significación exacta [2*(sig. unilateral)]	,009 ^b

b. No corregido para empates.

En la tabla 19 se puede observar que los dos grupos de estudio a comparar dieron como resultado 0.010, el cual es menor al nivel de significancia de $\alpha=0.05$, por lo que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la nula, indicando así que sí existen diferencias significativas en relación a la remoción de turbidez en las pruebas de ensayo N.°3 y N.°4.

De acuerdo a los resultados estadísticos, la prueba 4 correspondiente al Catfloc, en la cual las dosis empleadas en las jarras tenían un intervalo de 0.1 de diferencia entre ellas, logró que los tratamientos de 0.1 mg/L, 0.3 mg/L y 0.4 mg/L obtuvieran una mayor remoción de turbidez de 96 % en relación a las demás. En comparación con la prueba 3, la cual usó PAC, donde el intervalo fue de 1, por lo que solo destacó el tratamiento de 4 mg/L que logró una remoción de turbidez de 93 %.

4.3 Prueba de hipótesis

4.3.1 Hipótesis estadísticas

Para interpretar los resultados de la prueba Kruskal-Wallis empleada en la presente investigación, se plantearon las siguientes hipótesis estadísticas:

Hipótesis general

El coagulante alternativo Policloruro de Aluminio presenta mayor eficiencia que el coagulante alternativo Catfloc Plus 8103 en la calidad del tratamiento de agua potable en la PTAP del proyecto minero Quellaveco, 2023.

Hipótesis nula

El coagulante alternativo Catfloc Plus 8103 presenta mayor eficiencia que el coagulante alternativo Policloruro de Aluminio en la calidad del tratamiento de agua potable en la PTAP del proyecto minero Quellaveco, 2023.

- H_0 : los grupos son similares estadísticamente.
- H_1 : los grupos son diferentes estadísticamente.

4.3.2 Regla de decisión

Teniendo en cuenta los estadísticos de prueba, la regla de decisión para interpretar los resultados del Kruskal Wallis es la que se muestra a continuación:

- Si $p \leq 0,05$: se acepta la H_1 y se rechaza la H_0 .
- Si $p \geq 0,05$: se acepta la H_0 y se rechaza la H_1 .

4.3.3 Decisión

En el parámetro de turbidez en el que se evaluó el porcentaje de remoción de turbiedad para las muestras provenientes del río Asana, el valor p que representa la significancia asintótica ($p.$) es de 0.000, inferior al $\alpha = 0,05$ según lo obtenido en la prueba de Kruskal Wallis, lo cual expresa que el porcentaje de remoción de turbiedad usando cualquiera de los dos coagulantes alternativos, en este caso PAC y Catfloc, estadísticamente sí hay diferencia relevante en la eficiencia de remoción de turbiedad. En consecuencia, se acepta la H_1 y se rechaza la H_0 .

4.4 Discusión de resultados

En relación con el objetivo específico, que es determinar la característica fisicoquímica (pH y turbidez) del agua cruda proveniente del río Asana del proyecto minero Quellaveco, 2023, se tienen los siguientes resultados: el parámetro fisicoquímico de pH y turbidez del agua cruda al ingreso de planta estuvo en 7.136 -7.274 y 12.0 – 33.3 NTU, respectivamente. Estos resultados se encuentran dentro del rango de evaluación propuesto en una tesis donde se evaluó el agua cruda captada del río Cachi en los meses de marzo y abril, meses considerados cercanos a la época de estiaje contando que el clima en el departamento de Ayacucho es seco y moderadamente lluvioso al momento de la toma de muestras; en consecuencia, se concluye que los resultados se encuentran entre los rangos de 6.01 hasta 27 NTU como valores mínimo y máximo (13).

Con respecto al objetivo específico, que considera determinar la dosificación del Policloruro de Aluminio que logra mayor clarificación en el ensayo de jarras, se revisaron teorías o conceptos como los que explica 12, el cual caracteriza al PAC con una alta capacidad de remoción de sólidos más alta que el sulfato de aluminio, desestabilizando las cargas eléctricas de la materia coloidal. En los resultados encontrados se muestra que el parámetro fisicoquímico de turbidez obtuvo diferencias entre las pruebas de estudio del coagulante PAC. Específicamente los tratamientos de 2 mg/L con 2.19 NTU correspondiente a la prueba N.º1 y el de 4 mg/L con 2.25 NTU perteneciente a la prueba N.º3, logrando así una remoción del 82 % y 83 % en relación a las turbiedades iniciales de 12 NTU y 33.3NTU, respectivamente. Dichos resultados no son muy cercanos a los obtenidos en el estudio realizado en la empresa Emcodazzi ubicada en la región Cesar, Colombia, la cual trata aguas captadas del río Magiriaimo; estas presentaron turbiedades iniciales menores a 50 NTU denominadas turbiedades bajas, las cuales se redujeron su turbidez final con una dosis de 10 mg/L a 0.67 equivalente a 98.81 %, utilizando el PAC-122. En consecuencia, se concluyó que este estudio

logra optimizar el proceso de potabilización al gastar menor cantidad de PAC en comparación con el estudio citado anteriormente (8).

En cuanto al objetivo específico que se propuso determinar la dosificación del Catfloc que logra mayor clarificación en el ensayo de jarras, se revisaron conceptos sobre la naturaleza de los polieléctricos catiónicos como el Catfloc, el cual, en contacto con la materia coloidal, forma aniones; este es ideal para fuentes hídricas de pH ínfimos como el que presenta el agua del río Asana (10). En los resultados encontrados en este trabajo se puede observar que el parámetro fisicoquímico de turbidez obtuvo diferencias en las pruebas de estudio del coagulante Catfloc. Se destacaron los tratamientos de 0.4 mg/L con 1.94 NTU correspondientes a la prueba N°2, 0.1 mg/L con 1.32 NTU, 0.3 mg/L con 1.37 NTU y 0.4mg/L con 1.20 NTU, estos últimos pertenecientes a la prueba N.° 4. Se logró así una remoción del 84 % y 96 %, este último para los últimos tres tratamientos mencionados en relación a las turbiedades iniciales de 12 NTU y 33.3NTU, respectivamente. Estos resultados se relacionan con lo obtenido por otro estudio realizado en Colombia donde al ingreso de la planta Francisco Wiesner llegaron aguas con turbiedades iniciales desde los 8 NTU a más, logrando una remoción de 97 %, pero usando 1.3 mg/L; en este trabajo, en cambio, se logró una remoción promedio de 93 % optimizando la dosis entre rangos de 0.1mg/L a 0.4 mg/L(10). En consecuencia, el Catfloc, a pesar de ser catiónico al igual que el Floquat, muestra una mayor optimización en el proceso de potabilización, en materia de consumo y costo del producto al gastar menor cantidad de polímero catiónico Catfloc, lo cual conlleva a reducir la compra del mismo en comparación con el estudio citado anteriormente.

Capítulo V: Conclusiones

En este trabajo de investigación se determinó la eficiencia de cada coagulante alternativo en la calidad del tratamiento de agua potable de la PTAP del proyecto minero Quellaveco, 2023. A partir de los resultados de remoción de turbidez, se compararon a ambos coagulantes con el Decreto Supremo N.º 031-2010 S.A(20), que regula los límites máximos permisibles para agua de consumo humano.

Se analizó el agua cruda al ingreso de PTAP Quellaveco siendo esta la muestra inicial sin ningún tratamiento, obteniendo las concentraciones de turbidez de 12.0 NTU a 33.3 NTU y en el parámetro de pH de 7.136 a 7.27.

Con respecto a la remoción de turbidez realizada por el PAC, se destacan los tratamientos de la prueba N.º1, la dosis de 2mg/L (de 12 NTU a 2.19 NTU) con una reducción de hasta el 82 % y de la prueba N.º3, la dosis de 4 mg/L (de 33.3 NTU a 2.25 NTU) con una reducción de hasta el 93 %.

Correspondiente a la remoción de turbidez realizada por el Catfloc, se destacan los tratamientos de la prueba N.º2 de 0.4mg/L (de 12 NTU a 1.94 NTU) con una reducción de hasta el 84 % y de la prueba N.º4, la dosis de 0.1 mg/L (de 33.3 NTU a 1.32 NTU) con una reducción de hasta el 93 %; la dosis de 0.3mg/L (de 33.3 NTU a 1.20 NTU) con una reducción de hasta el 96 % y la dosis de 0.4 mg/L (de 33.3 NTU a 1.37 NTU) con una reducción de hasta el 93 %.

Según los resultados de la variable de turbidez obtenidos en las pruebas de ensayo, cumplen con los límites máximos permisibles para agua de consumo humano, teniendo como resultados al coagulante Catfloc Plus 8103 con un 93 % de eficiencia promedio en remoción de turbidez, superior al 87.5 % obtenido por el PAC. En estos resultados se pudo observar que en la mayoría de pruebas, si se aplica una dosis adecuada para la turbidez inicial, se logra una mayor eficiencia de remoción de turbidez; por el contrario, si se agrega dosis mayores a la

turbidez inicial, disminuye la eficiencia de remoción de turbidez. Por lo tanto, se demostró que el Catfloc es mejor que el PAC para optimizar el proceso del tratamiento del agua en la PTAP Quellaveco.

Capítulo VI: Recomendaciones

Llevar otras pruebas con otras dosis de PAC y Catfloc, y que se manipulen otros parámetros fundamentales como el pH, conductividad eléctrica, temperatura, etc. Se deben ajustar o especificar el rango de eficiencia de estos coagulantes en el tratamiento de agua de consumo humano.

Se recomienda también hacer pruebas en época de avenida donde las turbiedades son superiores a 40 NTU en caso del Río Asana, para así observar si las dosis aplicadas en este estudio son eficientes para este tipo de turbiedades consideradas medias a altas. Asimismo, realizar comparaciones con resultados obtenidos en época de estiaje para tener un panorama más amplio y completo del comportamiento de estos coagulantes durante todo un año.

Se recomienda hacer un análisis de costos, gastos y beneficios de estos productos desde el punto de consumo y compra de los químicos, con el fin de economizar cuando estos no son requeridos como en las épocas de estiaje.

Referencias bibliográficas

1. GALINDO, G. *Determinación de la dosis óptima de sulfato de aluminio granulado tipo B en la planta de tratamiento de agua potable Yurajhuanca – Emapa Pasco*. [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2018. [Fecha de consulta: 7 de agosto 2023]. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/347>
2. COGOLLLO, J. Clarificación del agua usando coagulantes polimerizados: Caso hidroxiclورو de aluminio. *Dyna* [en línea]. Marzo, 2010, **78**(165), 18–27. [Fecha de consulta: 10 de junio 2023]. ISSN: 0012-7353. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/496/49622372002.pdf>
3. MINISTERIO DE SALUD (MINSA). *Boletín sobre la Cobertura de agua potable Region Lambayeque*. 2021. [Fecha de consulta: 07 de agosto 2023]. Disponible en: <https://www.defensoria.gob.pe/wp-content/uploads/2021/05/Informe-006-2021-boletín-agua-Lambayeque-sgd.pdf>
4. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU). *Desafíos Globales Agua*. 2020. [Fecha de consulta: 13 de junio 2023]. Disponible en: <https://www.un.org/es/global-issues/water>
5. PRASHAD, J. La crisis de la contaminación del agua de América Latina y sus efectos en la salud de los niños. *Humanim*. Online. 2020. Available from: <https://www.humanium.org/es/la-crisis-de-la-contaminacion-del-agua-de-america-latina-y-sus-efectos-en-la-salud-de-los-ninos/>
6. VELASQUEZ, C. *Dosis óptima y eficiencia del coagulante sulfato de aluminio utilizado en el proceso de floculación para el tratamiento de agua potable en las EPS SEDACAJ*. [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2021. [Fecha de consulta: 28 de agosto 2023]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/30225>
7. AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES.. *Resúmenes de Salud Pública - Aluminio (Aluminum)*. 2016. [Fecha de consulta: 9 de enero de 2024]. Disponible en: https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_ph22.html
8. NORIEGA, M. *Determinación de la dosificación óptima para el mejoramiento de la calidad del agua potable en la empresa Emcodazzi E.S.P* [en línea]. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Pamplona: Universidad de Pamplona Colombia, 2021. [Fecha de consulta: 23 de julio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/347>
9. CORREA, R. y MARTÍNEZ, R. Determinación de la dosis óptima de policloruro de aluminio en una PTAP del Pacífico Colombiano. *Revista Científica Multidisciplinaria* [en línea]. Agosto, 2017. **2**(1), 31–37. [Fecha de consulta: 12 de marzo 2023]. ISSN: 2711-4406. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/496/49622372002.pdf>
10. ZULETA, D. *Evaluar el uso del polímero Floquat 2565 para tratamiento de aguas naturales en la planta Francisco Wiesner* [en línea]. Trabajo para título de Ingeniera Química. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 2017. [Fecha de consulta: 5 de junio 2023]. Disponible en: <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/2680>
11. CERÓN, V. *Estudio para la determinación y dosificación óptima de coagulantes en el proceso de clarificación de aguas crudas en la potabilización de aguas de la empresa Empoobando E.SP* [en línea]. Trabajo para Título de Ingeniera Química. Nariño: Universidad de Nariño, 2016. [Fecha de consulta: 12 de abril 2023]. Disponible en: <http://sired.udenar.edu.co/id/eprint/3769>
12. CASTILLO, J. *Determinación de la dosis óptima de policloruro de aluminio (Al₂ (OH) 3Cl) y sulfato de cobre pentahidratado (CuSO₄ – 5H₂O) para mejorar los procesos de tratamiento de agua potable en la planta de tratamiento de agua potable de la Universidad Nacional de Piura* [en línea]. Tesis (Título de Ingeniera Industrial). Piura: Universidad Cesar Vallejo, 2017. [Fecha

- de consulta: 17 de marzo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/52703>
13. ORÉ, L. *Evaluación de la eficiencia del floculante de sulfato de aluminio y polifloc policloruro de aluminio empleado en la depuración de aguas con baja turbiedad en la planta de tratamiento de agua potable Quicapata-Ayacucho* [en línea]. Trabajo para Título de Ingeniera Química. Ayacucho: Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, 2014. [Fecha de consulta: 22 de marzo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/52703>
 14. BELLOTTI, C. y IRIGO, O. *Producción de policloruro de aluminio a partir de aluminio secundario* [en línea]. Proyecto para Título de Ingeniero Química. Villa María: Universidad Tecnológica Nacional, 2018. [Fecha de consulta: 30 de junio 2023]. Disponible en: [https://ria.utn.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12272/3367/Producción de policloruro de aluminio a partir de aluminio secundario_Bellotti Iriego Simo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ria.utn.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12272/3367/Producción%20de%20policloruro%20de%20aluminio%20a%20partir%20de%20aluminio%20secundario_Bellotti%20Iriego%20Simo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
 15. MALDONADO, S. *Coagulantes químicos de reciente generación, tendencias de uso, precio y dosificación en Colombia y el mundo* [en línea]. Monografía para Título de Ingeniero Ambiental. Pamplona: Universidad de Pamplona, 2016. [Fecha de consulta: 1 de julio 2023]. Disponible en: http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1451/1/Maldonado_2016_TG.pdf
 16. HIDROLED. Polímero Catiónico Cat Flocc 8103 Plus Hidroled. 2021. [Fecha de consulta: 3 de julio 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/528077360/Ft-Polimero-Cationico-Cat-Floc-8103-Plus-Hidroled#>
 17. WATER FILTERS. NALCO 8103 PLUS. *Descripción del Nalco 8103 plus*. Online. 2013. [Fecha de consulta: 4 de julio 2023]. Disponible en: <https://waterfilters.uz/en/info/nalco-8103-plus-waterfilters-uzbekistan>
 18. MORA, D. y MATA, A. *Conceptos básicos de aguas para consumo humano y disposición de aguas residuales* [en línea]. Costa Rica: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 2003 [Fecha de consulta: 6 de julio 2023]. Disponible en: [https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Conceptos básicos de aguas para consumo humano y disposición de aguas residuales.pdf](https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Conceptos%20b%C3%A1sicos%20de%20aguas%20para%20consumo%20humano%20y%20disposici%C3%B3n%20de%20aguas%20residuales.pdf)
 19. CHULLUNCUY, N. Tratamiento de agua para consumo humano. *Revista Ingeniería Industrial* [en línea]. Junio, 2011. **29**, 153-170. [Fecha de consulta: 23 de marzo 2023]. ISSN: 1025-9929. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/MANUALI/TOMOI/seis.pdf%5Cnhttp://cdam.minam.gob.pe:8080/bitstream/123456789/109/5/CDAM0000012-5.pdf>
 20. D.S.N.°031-2010-SA. *Decreto Supremo que aprueba Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano* [en línea]. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 24 de setiembre de 2010. [Fecha de consulta: 8 de julio 2023]. Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/273650/reglamento-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano.pdf>
 21. FERNANDEZ, A. El agua: un recurso esencial. *Química Viva*. Agosto, 2012. **11**(3), 147-170. [Fecha de consulta: 10 de julio 2023]. ISSN: 1666-7948. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
 22. DIRECCIÓN de Recursos Hídricos. Calidad del agua. 2017. [Fecha de consulta: 10 de agosto 2023]. Disponible en: <http://www.recursoshidricos.gov.ar/web/index.php/nuestra-funcion/2017-03-23-14-12-06/calidad-de-agua>
 23. HERNÁNDEZ, R. y MENDOZA, C. *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. [en línea]. México: Universidad de Celaya. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A, 2018. [Fecha de consulta: 22 de marzo 2023]. ISBN 978-1-4562-6096-5.

Disponible en: [http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández-Metodología de la investigación.pdf](http://repositorio.uasb.edu.bo:8080/bitstream/54000/1292/1/Hernández-Metodología%20de%20la%20investigación.pdf)

24. CEGARRA, J. *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. [en línea]. Barcelona: Ediciones Díaz de Santos, 2004. [Fecha de consulta: 17 de junio 2023] . ISBN 84-7978-624-8. Disponible en: <https://www.freelibros.me/metodologia-de-la-investigacion/metodologia-de-la-investigacion-cientifica-y-tecnologica-jose-cegarra-sanchez>
25. MODELOS unifactoriales de efectos aleatorizados [en línea]. Granada, p. 1-11. [Fecha de consulta: 29 de setiembre 2023] . Disponible en: <http://wpd.ugr.es/~bioestad/wp-content/uploads/EfectosAleatorios.pdf>
26. RD-160-2015-DIGESA. *Resolucion Directorial que aprueba protocolo de procedimientos para la toma de muestras preservacion conservacion transporte almacenamiento y recepcion de agua para consumo humano* [en línea]. Portal Electronico de la Direccion General de Salud Ambiental,Lima,Peru,24 de setiembre de 2015. [Fecha de consulta: 12 de julio 2023].Disponible en: http://www.digesa.minsa.gob.pe/normaslegales/normas/rd_160_2015_digesa.pdf
27. SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE AREQUIPA (SEDAPAR). *Manual-de-Procedimientos-Técnicos-La-Tomilla-Instructivos* [en línea]. Arequipa,2018. [Fecha de consulta: 03 de agosto 2023]. Disponible en: <https://www.sedapar.com.pe/wp-content/uploads/2018/10/Manual-de-Procedimientos-Técnicos-La-Tomilla-Instructivos.pdf>
28. COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE CALIDAD DE AGUA. *Norma Técnica NTP 214.006 Peruana 2020 Calidad de Agua. Determinación de turbiedad.Método nefelométrico.3ª Edición* [en línea]. Lima,2020. [Fecha de consulta: 17 de agosto 2023].Disponible en: <https://es.scribd.com/document/643166258/32384-NTP-214-006-Turbidez-1>
29. ALCANCE de la acreditacion comite técnico de normalización de tecnología química. *Norma Técnica Peruana NTP 214.049: 2015. Calidad de Agua. Determinación deL pH en agua* [en línea]. Lima,2015.
30. JAPAC. Descubre como afecta el pH al agua. *JAPAC*. Online. 2016. Disponible en: <https://japac.gob.mx/2016/06/20/descubre-como-afecta-el-ph-al-agua/>.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la eficiencia de cada coagulante alternativo en la calidad del tratamiento de agua potable en la PTAP del proyecto minero Quellaveco,2023?</p> <p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son las características fisicoquímicas (pH y turbidez) del agua cruda proveniente del río Asana del proyecto minero Quellaveco,2023? • ¿Cuál es la dosificación del Policloruro de Aluminio que logra disminuir la turbidez en el ensayo de jarras? • ¿Cuál es la dosificación del Catfloc que logra disminuir la turbidez en el ensayo de jarras? 	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar la eficiencia de cada coagulante alternativo en la calidad del tratamiento de agua potable de la PTAP del proyecto minero Quellaveco,2023.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar las características fisicoquímicas (pH y turbidez) del agua cruda recolectada del río Asana del proyecto minero Quellaveco,2023. • Determinar la dosificación del Policloruro de Aluminio que logra disminuir la turbidez en el ensayo de jarras. • Determinar la dosificación del Catfloc que logra disminuir la turbidez en el ensayo de jarras. 	<p>Hipótesis General:</p> <p>El coagulante alternativo Policloruro de Aluminio presenta mayor eficiencia que el coagulante alternativo Catfloc Plus 8103 en la calidad del tratamiento de agua potable en la PTAP del proyecto minero Quellaveco 2023.</p> <p>Hipótesis Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las características fisicoquímicas (pH y turbidez) del agua cruda proveniente del río Asana del proyecto minero Quellaveco,2023, sobrepasa el ECA Agua. DS 004-2017-MINAM • La utilización del Policloruro de Aluminio logra disminuir la turbidez en el ensayo de jarras. • La utilización del Catfloc Plus 8103 logra disminuir la turbidez en el ensayo de jarras. 	<p>Variable Independiente:</p> <p>Dosis de coagulantes alternativos.</p> <p>Indicadores</p> <p>Dosis de evaluación de PAC</p> <p>1 mg/L,2 mg/L,3mg/L 4mg/L 5mg/L 6mg/L,8mg/L,10mg/L,12mg /L</p> <p>Dosis de evaluación de Catfloc Plus 8103</p> <p>0.1mg/L,0.2mg/L,0.3mg/L 0.4mg/L,0.6mg/L,0.8 mg/L</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>Eficiencia de remoción de turbidez en el tratamiento de agua potable</p> <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> • Turbidez 	<p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicado</p> <p>Nivel de investigación</p> <p>Descriptivo-Explicativo</p> <p>Diseño de investigación</p> <p>Experimental</p> <p>Población</p> <p>Agua del río Asana.</p> <p>Muestra</p> <p>2 bidones de PVC de 5 galones.</p> <p>Técnica</p> <p>Ensayo de jarras</p> <p>Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Turbidímetro <p>Técnicas de Procesamiento</p> <p>Excel y SPSS</p>

Anexo 2: Constancia de realización de prueba de jarras en el laboratorio de la Universidad San Agustín



CONSTANCIA

LA QUE SUSCRIBE, Dra MARIA OFELIA GUILLEN ZEVALLOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA HACE CONSTAR QUE:

Bach. ARECA PERALTA, MARLY ADELA

Tesista de la Universidad Continental – Arequipa, identificado con el N° DNI 72502809, ha realizado el proceso de experimentación en el “equipo de jarras”, de la universidad nacional de San Agustín – Arequipa, con fines académicos de investigación para la elaboración de la tesis titulada: **“Eficiencia de dos coagulantes alternativos en la calidad de agua potable en la PTAP del proyecto minero Quellaveco,2023”**, obteniendo resultados favorables para la investigación experimental

Arequipa, 10 de agosto del 2023

Firma del alumno

.....
 Dra. Maria Ofelia Guillen Zevallos
 CQP: 788
 INVESTIGADORA PRINCIPAL
 Departamento Académico de Química
 FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y FORMALES
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN

Firma de la Investigadora

Anexo 3: Constancia de trabajo**CONSTANCIA DE TRABAJO**

Por medio del presente se hace constar que **ARECA PERALTA MARLY ADELA** identificado con DNI N° 72502809 labora en nuestra empresa desde el 19 de Setiembre de 2022 hasta la actualidad desempeñándose en el puesto de **OPERADOR DE PLANTA**.

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que crea conveniente.

Lima, 16 de octubre de 2023.

The signature block contains a handwritten signature in blue ink that reads "Verónica Pacheco Rebaiza". Below the signature is a circular stamp. The stamp contains the text "sodexo PERU S.A.C." at the top, followed by the name "VERÓNICA PACHECO REBAIZA" and the title "Directora de Recursos Humanos" at the bottom. A blue horizontal line is drawn across the stamp.

Anexo 4: Constancia de calibración del turbidímetro

800



OMEGA PERU S.A.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

0363-OP.M-2022

ÁREA DE METROLOGÍA

Solicitante : SODEXO PERU S.A.C.
Dirección : Jr. Domenico Morelli 110 - San Borja
Expediente : 28532
Referencia : O/S N° 2022-1122-LSC-0019
Instrumento de Medición : TURBIDÍMETRO
Alcance de Indicación : 0 NTU a 9,99 NTU / 10,0 NTU a 99,9 NTU / 100 NTU a 1 000 NTU (*)
Resolución : 0,01 NTU / 0,1 NTU / 1 NTU
Marca : Hach Co.
Modelo : 2100Q
Serie : 22080D000289
Procedencia : U.S.A

Método de Calibración
 La calibración se ha realizado siguiendo el procedimiento PC-OMEGA-004 para la Calibración de Turbidímetro

Fecha de Calibración : 23/11/2022
Lugar de Calibración : LABORATORIO DE METROLOGIA - OMEGA PERU S.A.
Condiciones Ambientales

Temperatura	23 °C
Humedad Relativa	74 %
Presión Atmosférica	1003 mbar

Patrones de Referencia

Estándar Formacina Marca HACH Stabcal (**)	N° de Lote
N° de Catálogo 26848-01 Solución 20 NTU o FTU	A2174
N° de Catálogo 26849-01 Solución 100 NTU o FTU	A1342
N° de Catálogo 26605-01 Solución 800 NTU o FTU	A2200

Resultados

Indicación (NTU)	Valor de referencia (NTU)	Corrección (NTU)	Incertidumbre (NTU)
20,6	20,4	-0,2	0,16
102	102,0	0,0	1,36
823	824,0	1,0	5,80

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

Observaciones
 - Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.
 - Con fines de identificación de la condición de calibrado se ha colocado una etiqueta autoadhesiva
 (*) Indicado en el manual de instrucciones del fabricante
 (**) La formacina es aceptado como estándar primario por The United States Environmental Protection Agency (USEPA)
 - Los resultados corresponden al promedio de 3 mediciones

Fecha de Emisión: 23/11/2022 Responsable del Área de Metrología
 Realizado por:



LIZ NOLBERTO GAONA
 Técnica Metrologa
 Servicio Técnico
 OMEGA PERU S.A.



Ing. FELIX CAMARENA F.
 CIP 088393
 Jefe de Servicio Técnico
 OMEGA PERU S.A.

HC-OP M-004 Pág 1 / 1

Prohibida su reproducción total o parcial de este documento
 Av. Oscar R. Benavides N° 1593 Int. A Urb. Chacra Rios Norte Lima / Telfs.: 336-6523 • 657-6206 • 657-6207
 e-mail: metrologia@omegaperu.com.pe

HACH COMPANY



An ISO 9001 Certified Company

P.O.Box 389
Loveland, CO 80539
(970) 669-3050

Certificate of Analysis

Page 1

COMMODITY: STABLCAL|sup|TS|sup0 FORMAZIN STANDARD 800 NTU
 COMMODITY NUMBER: 2660501 MANUFACTURE DATE: 8/22/2022 DATE OF ANALYSIS: 8/26/2022
 LOT NUMBER: A2200

<i>TEST</i>	<i>SPECIFICATIONS</i>	<i>RESULTS</i>
Turbidity	760 to 840 NTU	824.0 NTU

The expiration date is Nov 2023

Formazin and StablCal® solutions provided by Hach are not NIST traceable because the NIST does not carry turbidity standards. However, the use of Formazin and StablCal® as used in Hach method 8195 are accepted by the EPA as a primary standard to be used in the calibration of turbidity instruments.

Certified by _____

Scott Als
Analytical Services Chemist

HACH COMPANY



An ISO 9001 Certified Company

P.O.Box 389
Loveland, CO 80539
(970) 669-3050

Certificate of Analysis

Page 1

COMMODITY: **STABLCAL|sup|TS|sup0 FORMAZIN STANDARD** 20 NTU
 COMMODITY NUMBER: **2684801** MANUFACTURE DATE: DATE OF ANALYSIS:
 LOT NUMBER: **A2174** 7/7/2022 8/1/2022

<i>TEST</i>	<i>SPECIFICATIONS</i>	<i>RESULTS</i>
Turbidity	19 to 21 NTU	20.4 NTU

The expiration date is Oct 2023

Formazin and StablCal® solutions provided by Hach are not NIST traceable because the NIST does not carry turbidity standards. However, the use of Formazin and StablCal® as used in Hach method 8195 are accepted by the EPA as a primary standard to be used in the calibration of turbidity instruments.

Certified by Scott Als
 Scott Als
 Analytical Services Chemist

Anexo 5: Hoja de compra del producto químico Policloruro de Aluminio (PAC)

 HOJA DE APROBACIÓN DE MATERIALES PELIGROSOS 			
DATOS GENERALES (Llenado por el Solicitante del Químico Nuevo)			
Número de Solicitud: 20220920104720	Fecha de Solicitud: 20/09/2022		
Nombre del Solicitante: Alpio Fernandez Moreno	Teléfono: 951404106		
Cargo: Supervisor de Medio Ambiente	DNI: 19432921		
Email: alpio.fernandez@angloamerican.com	Empresa: KANAY SAC		
Gerencia Superintendencia: Control Ambiental			
Dueño de Contrato (En caso de Empresas Contratistas): ANGLOAMERICAN			
DATOS DEL MATERIAL PELIGROSO (Para el llenado de esta sección es necesario que la MSDS cumpla con los Requerimientos: MSDS en español, 15 secciones, no más de 4 años de antigüedad desde la última revisión)			
Nombre del Material Peligroso: Policloruro de Aluminio (PAC)	Número CAS: 001327419		
Fabricante / Proveedor: Químicos Golcochea SAC	Fecha Emisión MSDS: 25/08/2022		
Nombre de contacto proveedor: Químicos Golcochea SAC	Teléfono: 01-6144400 Anexos: 1		
Justificación del Material Peligroso:			
Estado del producto químico (líquido, sólido, gaseoso):	Líquido		
¿En qué actividades usará el Material Peligroso?	Floculante usado en el tratamiento y clarificación		
¿Forma de aplicación del Material Peligroso?	En dilución con agua empleando bomba dosific:		
Frecuencia de uso:	Diario Cantidad a usar: 36.4 Kg/ds		
Tiempo de exposición del trabajador durante el uso:	Solo en la preparación diaria (15 minutos)		
¿Total de material peligroso que se comprará?	1092 Kg/ mes		
¿Tipo contenedor primario del material peligroso?	Cilindro x 290 Kg		
Descripción del lugar donde usará el Material Peligroso:	Planta de Tratamiento de Agu.		
Controles ha implementar para los riesgos asociados a este producto			
PETS	SI	Almacenaje adecuado (señalización)	SI
Entrenamiento de Materiales Peligrosos	SI	Etiquetado del Producto	SI
Entrenamiento de Respuesta en Emergencia	SI	Contención Secundaria	SI
Proc. Ambiental para Manejo de Residuos	SI	Kit para Control de Derrames	SI
Lavasejos	SI	OTROS	NO
Duchas	NO		
HIGIENE OCUPACIONAL / SALUD			
¿Que equipo de protección personal específico se requiere para su manipulación? Respirador con cartuchos contra vapores orgánicos			
¿Los componentes del Material peligrosos son cancerígenos/mutagenico/tetarogenico? No			
¿Se requiere de antidoto (ante una intoxicación) para el material peligroso? No			
Observaciones: Usar en ambiente ventilado			
 Firma Aprobador Fecha de aprobación 23/09/2022 18:38 Poma Boltrán, Willis Alexis			
MEDIO AMBIENTE			
Bioacumulable	SI	Baja degradabilidad	NO
Biomagnificable	SI	Ecotóxico	SI
Componente ambiental que puede ser afectado suelo, agua, biodiversidad			
Genera Residuos que requieren acondicionamiento si peligrosos en contenedor rojo con sistema de contención			
Requiere sistema de contención durante su almacenamiento si			
Especificación para su limpieza en caso de derrame todo residuo producto de la limpieza de un derrame de este producto sera manejado como residuo peligroso			
Observaciones: -			
RESPUESTA A EMERGENCIA			
¿Se requiere de un KIT específico en caso de emergencia? NA			
¿Se requiere EPP específico para la respuesta a emergencia? EQUIPO DE AIRE AUTOCONTENDIDO, TRAJE ESTRUCTURAL			
¿Como proceder en caso de incendio? EXTINTOR CO2, PQS, ESPUMA			
Transporte UN : 3264			
			
Observaciones: NA			
 Firma Aprobador Fecha de aprobación: 21/09/2022 17:42 Luis Wilson Sánchez Rodríguez			

Anexo 6: Hoja de Seguridad del PAC

 QUÍMICOS GOICOCHEA S.A.C. PRODUCTOS QUÍMICOS	HOJA DE SEGURIDAD
	PRODUCTO POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC) HIDROXICLORURO DE ALUMINIO (ACH)
1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO QUÍMICO	
NOMBRE DEL PRODUCTO:	Policloruro de Aluminio (PAC), Hidroxicloruro de Aluminio, (PAC)
SINÓNIMOS:	Polihidroxicloruro de Aluminio, Clorhidrato de Aluminio, Cloruro Básico de Aluminio.
APLICACIÓN:	Clarificación del agua.
2. COMPOSICIÓN/ INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES	
OXIDO DE ALUMINIO:	17± 1% w
FAMILIA:	Sales Inorgánicas.
NÚMERO CAS:	1327-41-9
3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS	
RESUMEN PARA CASOS DE EMERGENCIA: Corrosivo. Irritante a los ojos, la piel, si se inhala o se ingiere. Estable a temperatura ambiente y en condiciones normales de uso. Reacciona violentamente con oxidante. Por descomposición térmica libera gases irritantes de Ácido Clorhídrico.	
PELIGROS PARA LA SALUD – AGUDO	
CONTACTO CON LOS OJOS Produce ardor, irritación y enrojecimiento. Lavar inmediatamente.	
CONTACTO CON LA PIEL Corrosivo. Produce ligera irritación o enrojecimiento. Lavar inmediatamente.	
INGESTIÓN Causa irritación gastrointestinal, náuseas y vomito. Tomar abundante agua, no inducir al vomito.	
INHALACIÓN Produce dolor en el pecho, tos, dificultad para respirar, dolor de garganta.	
Más Información: www.quimicosgoicochea.com . E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com	
Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.: 614-4400 Fax: 614-4401 RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338	Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. María Isabel AREQUIPA – PERÚ Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM: #518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603



HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC)
HIDROXICLORURO DE ALUMINIO (ACH)

PELIGROSO PARA LA SALUD – CRÓNICO

No se esperan efectos adversos distintos de los especificados anteriormente.

PELIGRO PARA EL MEDIO AMBIENTE

Manténgase fuera de las vías fluviales. El producto derramado puede suponer un riesgo para el ecosistema acuático en caso de vertido.

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

CONTACTO CON LOS OJOS

Lave los ojos inmediatamente con agua por un mínimo de 15 minutos. Mantenga los párpados abiertos durante el enjuague y gire los ojos. Si persiste la irritación, repita el lavado. Acuda al médico inmediatamente.

CONTACTO CON LA PIEL

Lave de inmediato con abundante agua, bajo la ducha remueva la ropa contaminada y zapatos, se debe continuar con el lavado con agua y jabón durante 15 minutos. Si la irritación u enrojecimiento persiste acudir al médico.

INHALACIÓN

Lleve a la víctima a un sitio confortable, ventilado y fresco. Lavar nariz y boca con agua abundante y mantener en reposo y abrigado. Si no respira de respiración artificial, si su respiración es dificultosa suministre oxígeno. Consultar al médico lo más pronto posible.

INGESTIÓN

Si la víctima esta consciente y alerta dele a beber agua. No induzca al vomito. Consultar al médico lo más pronto posible. Nunca suministre algo por la boca si la persona está inconsciente o convulsionando. En caso de vomito colocar a la persona de costado.

NOTA PARA LOS MÉDICOS: La sobre exposición puede causar en los ojos irritación. La ingestión puede causar irritación gastrointestinal, los síntomas son nauseas, vomito, reducción del apetito, dolor abdominal, diarrea.

5. MEDIDAS PARA EXTINCIÓN DE INCENDIOS

Punto de Inflamación (°C)	Ninguno
Limites de Inflamabilidad	No combustible
Productos de descomposición térmica	Se descompone a HCl a temperaturas por encima de 200 °C

Más Información: www.quimicosgoicochea.com. E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.:
 614-4400 Fax: 614-4401
 RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. María Isabel
 AREQUIPA – PERÚ Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:
 #518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603



QUÍMICOS GOICOCHEA S.A.C.
PRODUCTOS QUÍMICOS

HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC)

HIDROXICLORURO DE ALUMINIO (ACH)

MEDIOS DE EXTINCIÓN DEL FUEGO: use agua para mantener el contenedor refrigerado. Químico seco, o dióxido de carbono.

PELIGROS ESPECÍFICOS: No combustible. Puede desprender gases muy irritantes por descomposición térmica a temperaturas elevadas (>200°C).

EQUIPOS DE PROTECCIÓN EN CASO DE INCENDIO: Botas impermeables, guantes y gafas de protección, considere combatir el fuego desde un lugar distante seguro.

6. MEDIDAS DE DESCARGAS Y DERRAMES

DERRAMES, GOTEOS O SALPICADURAS:

- Restrinja el área hasta que personal entrenado limpie completamente el derrame.
- Ventile el área.
- Use ropa adecuada y el equipo de protección personal recomendado, guantes, botas, traje de caucho (no use algodón ni cuero), casco, máscara de gases. No toque el producto derramado.
- Detenga la fuga si es posible, construya un dique de arena.
- Absorba el producto en arena o un material absorbente del producto (Ej. Vermiculita), recójalo en un recipiente plástico, almacénelo, luego lave el lugar afectado y todas las herramientas usadas. Para su disposición cumpla las regulaciones gubernamentales.
- Lave completamente.

DESACTIVACIÓN: Para la neutralización puede usarse Cal apagada o Carbonato de Sodio, adicionándolos lentamente y con control de pH entre 5.5 – 8.5 y luego recoja en un recipiente de plástico debidamente etiquetado, evitar no verter en producto en la red de alcantarillado o a través de ríos o cauces públicos.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

PRECAUCIONES: mantenga el equipo de emergencia siempre disponible. El personal debe estar bien entrenado en el manejo seguro del producto. Los recipientes deben estar debidamente etiquetados y alejados de fuentes de calor. Evite el contacto con los ojos o la piel, no lo ingiera. Evite sus neblinas, vapores o gases. Evite el contacto con ojos, piel y ropas.

Más Información: www.quimicosgoicochea.com. E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.:
614-4400 Fax: 614-4401
RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. María Isabel
AREQUIPA – PERÚ Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:
#518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603



HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC)

HIDROXICLORURO DE ALUMINIO (ACH)

EQUIPO Y PROCEDIMIENTO DE ALMACENAMIENTO Y MANEJO. El área de almacenamiento debe estar adecuadamente ventilada con dique de protección, no compartido. Los recipientes deben permanecer bien cerrados y sin goteo cuando no estén en uso. Los contenedores vacíos contienen residuos peligrosos. En esta área se debe contar con ducha y lavajos. El área de almacenamiento y el sistema de iluminación deben construirse de materiales resistentes a la corrosión. Almacénelo en un lugar bien ventilado, fresco, seco y alejado de sustancias incompatibles.

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN / EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

MEDIDAS PREVENTIVAS

Para manejar el producto siempre use el equipo de protección completo, demarque e identifique las áreas, use los materiales adecuados y entrene al personal.

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

Ojos: use gafas de protección Química, careta, ducha con lavajos y despeje el área.

Piel: Use traje, guantes, botas de caucho, neopreno o PVC y casco. No use implementos de cuero o algodón.

Inhalación: Use respiradores con cartuchos para vapores.

Limites de exposición: ACGIHTLV 2 mg/m³ máximo como AL.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Nombre Químico	Policloruro de Aluminio
Sinónimos	Cloruro básico de aluminio, Clorhidrato de Aluminio, Hidroxiclорuro de Aluminio
Familia Química	Sal Inorgánica
Formula Molecular	$[Al_2(OH)_mCl_{3-m}]_n$
Apariencia	Líquido color ámbar claro - oscuro
Olor	Ligeramente ácido
pH	Acido, desde 0 hasta 4 Unidades de pH

Más Información: www.quimicosgoicochea.com. E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.:
614-4400 Fax: 614-4401
RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. María Isabel
AREQUIPA – PERÚ Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:
#518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603



HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC)
HIDROXICLORURO DE ALUMINIO (ACH)

Solubilidad en agua	Completa
Solubilidad en otros	Insoluble en solventes Orgánicos comunes
Punto de ebullición	110-120 °C
Punto de Fusión y congelación	-20°C Aproximadamente
Peso específico	1.1 - 1.4 (a 20°C)

Usos: Floculante usado en el tratamiento y clarificación de aguas residuales, industriales y potables, especialmente recomendado para clarificar aguas con altos niveles de color. Usado en la producción de papel.

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

ESTABILIDAD QUIMICA: Estable a temperatura y presión normal.

PRODUCTOS DE DESCOMPOSICIÓN PELIGROSOS: Por descomposición térmica (pirolisis) libera gases irritantes de Acido Clorhidrico.

CONDICIONES A EVITAR: Evite temperaturas excesivamente altas. Evitar contacto con bases, reaccionan produciendo desprendimiento de calor, reacciona violentamente con oxidantes y productos que desprenden gases en medio ácido (Cloritos, Hipocloritos, Sulfitos, Sulfuros, etc.)

CORROSIVIDAD: Es corrosivo a muchos metales

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

DL50, oral ratas (mg/kg):	>12.700
DL50, intraperitoneal ratón	No existen datos
TLV	2mg/m ³ como Al.

Más Información: www.quimicosgoicochea.com. E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.:
614-4400 Fax: 614-4401
RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. Maria Isabel
AREQUIPA – PERÚ Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:
#518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603



HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC)
HIDROXICLORURO DE ALUMINIO (ACH)

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Algas	1.75 ± 0.25 mg/L
-------	------------------

El producto es una sal inorgánica, si se hidroliza se forman precipitados de Hidróxido de Aluminio con pH de 5-7 por lo que disminuye el pH del agua, si existen Fosfatos pueden formarse complejos de Fosfatos metálicos.

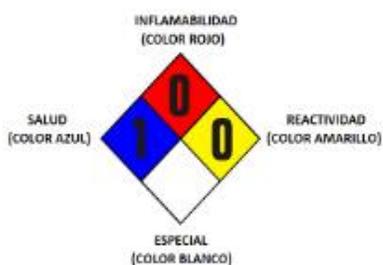
13. CONSIDERACIONES SOBRE LA DISPOSICIÓN DEL PRODUCTO

Sus residuos son considerados como no peligrosos, sin embargo no lo maneje como un desecho normal. No lo disponga en los drenajes, el suelo o fuentes de agua. Neutralizar con Cal o Carbonato de Sodio. Siga las regulaciones locales para su disposición.

14. INFORMACIÓN DE TRANSPORTE

Nombre de embarque: TDG/DOT	Solución de Policloruro de Aluminio
Clasificación: TDG/DOT/IATA/ICAO 8:	Corrosivo
Número de identificación: TDG/DOT/DGR	UN 3264
Grupo de empaque: TDG/DOT	III
EINECS#	254-400-7

IDENTIFICACIÓN NFPA 704



1: LIGERAMENTE PELIGROSO
 0: NO SE INFLAMA
 0: ESTABLE

IDENTIFICACIÓN U.N.:



Más Información: www.quimicosgoicochea.com. E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.:
 614-4400 Fax: 614-4401
 RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. María Isabel
 AREQUIPA – PERÚ Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:
 #518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603



HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC)
HIDROXICLORURO DE ALUMINIO (ACH)

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

SIMBOLO DE PELIGRO	XI
FRASES DE RIESGO	R 36/38 Irritante para la piel y los ojos
FRASES DE SEGURIDAD	S 26-28 Use equipo de protección personal y lávese con agua en caso de contacto. S 36 – 37 – 39 Use indumentaria, guantes y protección adecuada para cuerpo y cara.

16. INFORMACIÓN ADICIONAL

ACGIH:	Conferencia americana de higienistas industriales gubernamentales.
CAO:	Cargo Aircraft Only
CAS #:	Chemical Abstracts Service Number
CERCLA:	Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act.
CFR:	Code of Federal Regulations
DOT:	Department Of Transportation
EPA:	Environmental Protection Agency
ERPG-1:	Máxima concentración en el aire por debajo de la cual las personas pueden exponerse durante un máximo de una hora sin experimentar efectos a la salud adversos, o efectos ligeros y transitorios.
ERPG-2:	Máxima concentración en el aire por debajo de la cual las personas pueden exponerse durante un máximo de una hora sin experimentar efectos a la salud irreversibles o que le puedan impedir tomar acciones protectoras.
IATA:	International Air Transport Association
IARC:	Agencia internacional de investigación sobre el cáncer

Fecha de emisión: 01-08-2021

Más Información: www.quimicosgoicochea.com. E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.:
614-4400 Fax: 614-4401
RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. María Isabel
AREQUIPA – PERÚ Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:
#518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603



HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC)

HIDROXICLORURO DE ALUMINIO (ACH)

ICAO:	International Civil Aviation Organization
IDLH:	Immediately Dangerous to Life and Health, (Valor inmediatamente peligroso para la vida o la salud) Efectos agudos y crónicos; efectos especiales en el organismo.
IMDG:	International Maritime Code for Dangerous Goods (Igual al IMCO)
IMCO:	Intergovernmental Maritime Consultative Organization
LC ₅₀	The Concentration of Material in air expected to kill 50% of a group of test animals. Concentración letal por inhalación.
LD ₅₀	Lethal Dose expected to kill 50% of a group of test animals. Dosis letal, con la cual el 50% de las pruebas ocasionaron la muerte.
MSHA	Mine Safety and Health Administration
MSDS	Material Safety Data Sheet
NFPA	National Fire Protection Association.
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health de E.U.
NTP	Programa nacional de toxicología.
OSHA	Administración de seguridad y salud ocupacional de E.U.
PEL	Permissible Exposure Limit
PVC	Polyvinyl Chloride
RCRA	Resource Conservation and Recovery Act.
RID	Reglamento internacional de transporte por ferrocarril de productos peligrosos.
SARA	Superfund Amendments and Reauthorization Act of the US EPA
STEL	Short Term Exposure Limit
TDG	Transportation of Dangerous Goods Act/Regulations
TLV	Threshold Limit Value (Valor límite de tolerancia en el ambiente de trabajo)
TSCA	Toxic Substances Control Act.
TWA	Time- Weighted Average, Limite de concentración promedia para un día normal de trabajo.
UN	Numero de las Naciones Unidas

Más Información: www.quimicosgoicochea.com. E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.:
614-4400 Fax: 614-4401
RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. María Isabel
AREQUIPA – PERÚ Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:
#518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603



HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

POLICLORURO DE ALUMINIO (PAC)

HIDROXICLORURO DE ALUMINIO (ACH)

TDL	Toxicidad dosis limitante. TD _{LO} (toxic dose, lower). Mínima dosis reportada que causó efectos tóxicos.
AIHA	American Industrial Hygiene Association. Asociación estadounidense de higiene industrial.
WHMIS	Workplace Hazardous Materials Information System. Sistema de información sobre materiales peligrosos usados en el trabajo. Clasificación Canadiense de productos controlados.
CEPA	Canadian Environment Protection act. (Ley Canadiense de protección ambiental)
WGK	Riesgo de polución para el agua, según la legislación Alemana.
DSL	Lista Canadiense de Sustancias Domésticas.
Frases S	Nos indican la forma como se deben manejar los productos o que debemos hacer en caso de accidente.
Frases R	Nos dan información adicional acerca de los tipos de riesgos o peligros que ofrece una sustancia.

La información de esta hoja de seguridad de producto fue obtenida de fuentes serias y es digna de confianza, sin embargo no constituye garantía tácita, ni explícita.

Las condiciones de manejo, uso almacenamiento y disposición están más allá de nuestro control y conocimiento por esta razón, QUÍMICOS GOICOCHEA S.A.C no asume responsabilidad, ni implicaciones por pérdidas, daños, lesiones o gastos debidos al manejo, almacenamiento, uso o disposición de este producto.

No se entiende ninguna garantía concerniente a la adecuación del producto para el fin particular del usuario. El usuario debe aplicar su propio criterio para determinar si el producto es adecuado o no para sus fines.

ANTECEDENTES: Se incluye como sinónimo el Hidroxicloruro de Aluminio. Se ajusta el rango de valores de pH

EN CASO DE EMERGENCIA COMUNICARSE:

TELÉFONOS	01-6144400 Anexos: 125/128
	51*421*425/51*811*870
CORREOS	producción@quimicosgoicochea.com
	operaciones@quimicosgoicochea.com

Más Información: www.quimicosgoicochea.com. E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.:
614-4400 Fax: 614-4401
RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. María Isabel
AREQUIPA – PERÚ Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:
#518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603

Anexo 7: Hoja de compra del producto químico Catfloc Plus 8103

 HOJA DE APROBACIÓN DE MATERIALES PELIGROSOS 			
DATOS GENERALES <small>(Llenado por el Solicitante del Químico Nuevo)</small>			
Número de Solicitud: 20220920111540	Fecha de Solicitud: 9/20/2022		
Nombre del Solicitante: Alipio Fernandez Moreno	Teléfono: 951404106		
Cargo: Supervisor de Medio Ambiente	DNI: 19432921		
Email: alipio.fernandez@angloamerican.com	Empresa: KANAY SAC		
Gerencia Superintendencia: Control Ambiental			
Dueño de Contrato (En caso de Empresas Contratistas): ANGLOAMERICAN			
DATOS DEL MATERIAL PELIGROSO <small>(Para el llenado de esta sección es necesario que la MSDS cumpla con los Requerimientos: MSDS en español, 15 secciones, no más de 4 años de antigüedad desde la última revisión)</small>			
Nombre del Material Peligroso: POLIMERO CATIONICO CAT FLOC 8103 PLUS	Número CAS: 0026062793		
Fabricante / Proveedor: Químicos Goicochea SAC	Fecha Emisión MSDS: 12/31/2001		
Nombre de contacto proveedor: Químicos Goicochea SAC	Teléfono: 01-6144400 Anexos: 1		
Justificación del Material Peligroso:			
Estado del producto químico (líquido, sólido, gaseoso): Líquido			
¿En que actividades usará el Material Peligroso?	Coagulante Cationico en la clarificación y tratam		
¿Forma de aplicación del Material Peligroso?	Manual		
Frecuencia de uso:	Diario Cantidad a usar: 1.28 Kg/día		
Tiempo de exposición del trabajador durante el uso:	Solo en la preparacion diaria (15 minutos)		
¿Total de material peligroso que se comprará ?	38.4 Kg/mes		
¿Tipo contenedor primario del material peligroso?	Tambores de polietileno 30 Kg		
Descripción del lugar donde usará el Material Peligroso	Planta de Tratamiento de Agu		
Controles ha implementar para los riesgos asociados a este producto			
PETS	SI	Almacenaje adecuado (señalización)	SI
Entrenamiento de Materiales Peligrosos	SI	Etiquetado del Producto	SI
Entrenamiento de Respuesta en Emergencia	SI	Contención Secundaria	SI
Proc. Ambiental para Manejo de Residuos	SI	Kits para Control de Derrames	SI
Lavapisos	SI	OTROS	NO
Duchas	NO		
HIGIENE OCUPACIONAL / SALUD			
¿Que equipo de protección personal específico se requiere para su manipulación?			
EPP básico			
No			
¿Los componentes del Material peligrosos son cancerigenos/mutagenico/tetarogenico?			
No			
¿Se requiere de antídoto (ante una intoxicación) para el material peligroso?			
No			
Observaciones:			
Ninguna			
 Firma Aprobador Fecha de aprobación 9/26/2022 10:06 PM Poma Beltrán, Willis Alexis			
MEDIO AMBIENTE			
Bioacumulable	SI	Baja degradabilidad	SI
Biomagnificable	SI	Ecotóxico	SI
Componente ambiental que puede ser afectado suelo, agua			
Genera Residuos que requieren acondicionamiento si peligrosos en contenedor rojo con brinde de contencion			
Requiere sistema de contención durante su almacenamiento SI			
Especificación para su limpieza en caso de derrame todo residuo producto de la limpieza de un derrame sera manejado como residu peligroso			
Observaciones:			
-			
RESPUESTA A EMERGENCIA			
¿Se requiere de un KIT específico en caso de emergencia?			
NA			
¿Se requiere EPP específico para la respuesta a emergencia?			
EQUIPO DE AIRE AUTOCONTENDIDO			
¿Como proceder en caso de incendio?			
EXTINTOR PQS			
Observaciones:			
NA			
Transporte UN : 0000			
		 Firmado digitalmente por LUIS WILSON SANCHEZ Fecha: 2022.09.21 14:03:36 -0500 Firma Aprobador Fecha de aprobación 9/21/2022 8:03 PM Luis Wilson Sánchez Rodríguez	

Anexo 8: Hoja de Seguridad del Catfloc Plus 8103

 QUÍMICOS GOICOCHEA S.A.C. PRODUCTOS QUÍMICOS	HOJA DE SEGURIDAD
	PRODUCTO POLÍMERO CATIONICO
1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO QUÍMICO	
NOMBRE DEL PRODUCTO: POLÍMERO CATIONICO CAT FLOC 8103 PLUS VIGENCIA DEL PRODUCTO: 2 Años. APLICACIÓN: Clarificación de agua.	
2. COMPOSICIÓN/ INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES	
Éste producto no está clasificado como mercancía peligrosa conforme a las reglamentaciones nacionales o internacionales.	
3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS	
PELIGROS PARA LA SALUD	
CONTACTO CON LOS OJOS Puede causar Irritación en caso de contacto prolongado.	
CONTACTO CON LA PIEL Puede causar irritación al contacto prolongado.	
INGESTIÓN No es una vía probable de exposición. Puede haber irritación al tracto gastrointestinal acompañado de nauseas y vómitos.	
INHALACIÓN No es una vía probable de exposición. La exposición repetida o prologada puede irritar el tracto respiratorio.	
Cuidado: Recipientes vacíos pueden contener residuos del producto. No utilizar recipientes.	
Más Información: www.quimicosgoicochea.com . E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com	
Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.: 614-4400 Fax: 614-4401 RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338	Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. Maria Isabel AREQUIPA – PERÚ Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM: #518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603



HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

POLÍMERO CATIONICO

PELIGRO PARA EL MEDIO AMBIENTE

Manténgase fuera de las vías fluviales. El producto derramado puede suponer un riesgo para el ecosistema acuático en caso de vertido.

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

CONTACTO CON LOS OJOS

Lave los ojos inmediatamente con agua por un mínimo de 15 minutos. Si persiste la irritación acudir al médico inmediatamente.

CONTACTO CON LA PIEL

Lave de inmediato con abundante agua, bajo la ducha remueva la ropa contaminada y zapatos, se debe continuar con el lavado con agua y jabón durante 15 minutos. Si la irritación o enrojecimiento persiste acudir al médico.

INHALACIÓN

Lleve a la víctima a un sitio confortable, ventilado y fresco. Consultar al médico lo más pronto posible.

INGESTIÓN

Dar atención médica, no inducir el vomito, si está consciente, enjuagar la boca y beber abundante agua.

NOTA PARA LOS MÉDICOS: Basado en las reacciones individuales de cada paciente. El juicio medico debe ser utilizado para controlar los síntomas y las condiciones clínicas.

5. MEDIDAS PARA EXTINCIÓN DE INCENDIOS

PUNTO DE INFLAMACIÓN: No inflamable

MEDIOS DE EXTINCIÓN DEL FUEGO: no se espera que este producto se quemé a menos que se haya hervido toda el agua. El remanente orgánico puede ser inflamable. Utilizar el medio de extinción apropiado para rodear el fuego. Los recipientes cerrados deben enfriarse con niebla de agua.

PELIGROS DE FUEGO Y EXPLOSIÓN: puede desprender óxidos de carbono (COx) bajo condiciones de incendio. Puede desprender óxidos de Nitrógeno (NOx) bajo condiciones de incendio. Puede desprender amonio (NH₄) bajo condiciones de incendio. Puede desprender HCl bajo condiciones de incendio.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN EN CASO DE INCENDIO: en caso de incendio, usar una máscara facial completa a presión positiva que contenga un aparato de respiración autónomo y traje de protección.

Más Información: www.quimicosgoicochea.com. E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.:
614-4400 Fax: 614-4401
RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. María Isabel
AREQUIPA – PERÚ Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:
#518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603



HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

POLÍMERO CATIÓNICO

6. MEDIDAS DE DESCARGAS Y DERRAMES

PRECAUCIONES PERSONALES

Restringir el área hasta que personal entrenado limpie completamente el derrame. Use ropa adecuada y el equipo de protección personal recomendado, guantes, botas, traje de caucho (no use algodón ni cuero), casco, máscara de gases. No toque el producto derramado. Detenga la fuga si es posible, construya un dique de arena. Los vertidos pueden ser deslizantes. Ventilar el área de derrame si es posible.

MÉTODOS DE LIMPIEZA

DERRAMES PEQUEÑOS: Absorba el vertido con un material absorbente. Colocar los residuos en un contenedor cerrado y adecuadamente rotulado. Lavar el área afectada.

DERRAMES GRANDES: Contener el líquido utilizando material absorbente, cavando zanjas o diques. Recuperar en tambores reciclados o usados o en camiones cisterna para su eliminación adecuada. Limpiar la superficie contaminada con agua o con agentes acuosos limpiadores. Para su disposición cumpla las regulaciones gubernamentales.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

MANIPULACIÓN:

No introducir en los ojos, o la piel o prendas. No tocar internamente. Asegurarse de que todos los contenedores están etiquetados. Tener equipo de emergencia (para fuego, derrames, vertidos, etc) totalmente disponible. Mantener los contenedores cerrados cuando no se esté utilizando.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO:

Almacenar en contenedores adecuados (polietileno de alta densidad) y rotulados. Almacenarlos ligeramente cerca, proteger el producto de la congelación. Almacenar el producto separado de oxidantes.

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN / EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

MEDIDAS PREVENTIVAS

Para manejar el producto siempre use el equipo de protección completo, demarque e identifique las áreas, use los materiales adecuados y entrene al personal. Ventilación general es recomendada.

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

OJOS:

Llevar gafas protectoras con protección lateral.

Más Información: www.quimicosgoicochea.com. E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.: 614-4400 Fax: 614-4401

RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. María Isabel
AREQUIPA – PERÚ Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:

#518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603



HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

POLÍMERO CATIONICO

MANOS:

Se recomienda el uso de guantes contra químicos, los guantes deben ser reemplazados inmediatamente si se observan muestras de degradación.

INHALACIÓN:

Cuando las concentraciones en el aire pueden exceder los límites indicados, o cuando se generan nieblas, polvos, vapores, aerosoles o polvos significativos, un respirador purificador de aire aprobado equipado con cartuchos de filtros adecuado es recomendable.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Nombre Químico	Polímero Cationico
Característica química del polímero	pDADMAC
Apariencia	Líquido viscoso amarillo a ambar, sin olor.
Solubilidad	Completamente soluble
Punto inicial de Ebullición	100°C Mínimo.
Dosis máxima permisible	50 ppm
pH @ 25°C (Puro)	5-8
Viscosidad Sp#2 a 30 RPM 25°C	300 cps
Gravedad específica	1.036

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

ESTABILIDAD QUÍMICA

Estable bajo condiciones normales.

PRODUCTOS DE DESCOMPOSICIÓN PELIGROSOS

Bajo condiciones de incendio: óxidos de carbono, óxidos de nitrógeno, amonio, HCl.

CONDICIONES A EVITAR

Evite temperaturas heladas.

MATERIALES A EVITAR

El contacto con oxidantes fuertes (cloro, peróxidos, cromatos, ácido nítrico, perclorato, oxígeno concentrado, permanganato) puede generar calentamiento, fuego, explosión y/o vapores tóxicos.

Más Información: www.quimicosgoicochea.com. E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.:
614-4400 Fax: 614-4401
RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. María Isabel
AREQUIPA – PERÚ Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:
#518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603



HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

POLÍMERO CATIONICO

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

CARCINOGENICIDAD

Ninguna de las sustancias en este producto están listadas como carcinogénicas por la IARC (International Agency for research on Cancer), NTP (National Toxicology Program) o ACGIH (American conference of Government Industrial Hygienists).

CARACTERIZACIÓN DE PELIGRO PARA EL SER HUMANO

EL peligro potencial humano es bajo.

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

MOVILIDAD

La información suministrada intenta brindar al usuario una estimación general del resultado sobre el medio ambiente que éste producto tiene bajo las condiciones definidas de los modelos. Se espera que si el material se libera al medio ambiente se distribuya en el aire, agua y suelo en los porcentajes aproximados correspondientes.

Aire	Agua	Suelo
< 5%	30-50%	50-70%

POTENCIAL DE BIOACUMULACIÓN

Se espera que esté preparado o material no genere bioacumulación.

INFORMACIÓN ADICIONAL ECOLÓGICA

Información AOX: El producto no contiene halógenos orgánicos.

CARACTERIZACIÓN DE PELIGROSIDAD AL MEDIO AMBIENTE

El peligro potencial es: Alto

13. CONSIDERACIONES SOBRE LA DISPOSICIÓN DEL PRODUCTO

Colocar los desechos en un incinerador aprobado. O realizar tratamiento de desecho de acuerdo a las regulaciones aplicables. No eliminar los desechos en la alcantarilla local o con la basura común.

Más Información: www.quimicosgoicochea.com, E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.:
614-4400 Fax: 614-4401
RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. María Isabel
AREQUIPA – PERÚ Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:
#518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603



HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

POLÍMERO CATIÓNICO

14. INFORMACIÓN DE TRANSPORTE

El producto no está reglamentado para su transporte.

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

No está clasificado como peligroso según OSHA 29 CFR 1910.1200.



16. INFORMACIÓN ADICIONAL

ACGIH:	Conferencia americana de higienistas industriales gubernamentales.
CAO:	Cargo Aircraft Only
CAS #:	Chemical Abstracts Service Number
CERCLA:	Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act.
CFR:	Code of Federal Regulations
DOT:	Department Of Transportation
EPA:	Environmental Protection Agency
ERPG-1:	Máxima concentración en el aire por debajo de la cual las personas pueden exponerse durante un máximo de una hora sin experimentar efectos a la salud adversos, o efectos ligeros y transitorios.
ERPG-2:	Máxima concentración en el aire por debajo de la cual las personas pueden exponerse durante un máximo de una hora sin experimentar efectos a la salud irreversibles o que le puedan impedir tomar acciones protectoras.

Más Información: www.quimicosgoicochea.com. E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.:
614-4400 Fax: 614-4401
RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. María Isabel
AREQUIPA – PERÚ Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:
#518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603



HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

POLÍMERO CATIONICO

IATA:	International Air Transport Association
IARC:	Agencia internacional de investigación sobre el cáncer
ICAO:	International Civil Aviation Organization
IDLH:	Immediately Dangerous to Life and Health, (Valor inmediatamente peligroso para la vida o la salud) Efectos agudos y crónicos; efectos especiales en el organismo.
IMDG:	International Maritime Code for Dangerous Goods (Igual al IMCO)
IMCO:	Intergovernmental Maritime Consultative Organization
LC50	The Concentration of Material in air expected to kill 50% of a group of test animals. Concentración letal por inhalación.
LD50	Lethal Dose expected to kill 50% of a group of test animals. Dosis letal, con la cual el 50% de las pruebas ocasionaron la muerte.
MSHA	Mine Safety and Health Administration
MSDS	Material Safety Data Sheet
NFPA	National Fire Protection Association.
NIOSH	National Institute for Occupational Safety and Health de E.U.
NTP	Programa nacional de toxicología.
OSHA	Administración de seguridad y salud ocupacional de E.U.
PEL	Permissible Exposure Limit
PVC	Polyvinyl Chloride
RCRA	Resource Conservation and Recovery Act.
RID	Reglamento internacional de transporte por ferrocarril de productos peligrosos.
SARA	Superfund Amendments and Reauthorization Act of the US EPA
STEL	Short Term Exposure Limit
TDG	Transportation of Dangerous Goods Act/Regulations
TLV	Threshold Limit Value (Valor límite de tolerancia en el ambiente de trabajo)
TSCA	Toxic Substances Control Act.
TWA	Time- Weighted Average, Limite de concentración promedio para un día normal de trabajo.
UN	Numero de las Naciones Unidas

Más Información: www.quimicosgoicochea.com. E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.:
614-4400 Fax: 614-4401
RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. María Isabel
AREQUIPA – PERÚ Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:
#518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603



HOJA DE SEGURIDAD

PRODUCTO

POLÍMERO CATIÓNICO

TDL	Toxicidad dosis limitante. TD _{LO} (toxic dose, lower). Mínima dosis reportada que causó efectos tóxicos.
AIHA	American Industrial Hygiene Association. Asociación estadounidense de higiene industrial.
WHMIS	Workplace Hazardous Materials Information System. Sistema de información sobre materiales peligrosos usados en el trabajo. Clasificación Canadiense de productos controlados.
CEPA	Canadian Environment Protection act. (Ley Canadiense de protección ambiental)
WGK	Riesgo de polución para el agua, según la legislación Alemana.
DSL	Lista Canadiense de Sustancias Domésticas.
Frases S	Nos indican la forma como se deben manejar los productos o que debemos hacer en caso de accidente.
Frases R	Nos dan información adicional acerca de los tipos de riesgos o peligros que ofrece una sustancia.

La información de esta hoja de seguridad de producto fue obtenida de fuentes serias y es digna de confianza, sin embargo no constituye garantía tácita, ni explícita.

Las condiciones de manejo, uso almacenamiento y disposición están más allá de nuestro control y conocimiento por esta razón, QUÍMICOS GOICOCHEA S.A.C no asume responsabilidad, ni implicaciones por pérdidas, daños, lesiones o gastos debidos al manejo, almacenamiento, uso o disposición de este producto.

No se entiende ninguna garantía concerniente a la adecuación del producto para el fin particular del usuario. El usuario debe aplicar su propio criterio para determinar si el producto es adecuado o no para sus fines.

EN CASO DE EMERGENCIA COMUNICARSE:

	01-6144400 Anexos: 125/128
TELÉFONOS	51*421*425/51*811*870
CORREOS	producción@quimicosgoicochea.com operaciones@quimicosgoicochea.com

Fecha de Creación: 25/08/2022
 Fecha de Emisión: 25/08/2022
 Fecha de próxima revisión: 25/08/2025

Más Información: www.quimicosgoicochea.com. E-mail: qgventas@quimicosgoicochea.com

Oficina Principal: Av. Néstor Gambetta 150 – CALLAO Telf.:
 614-4400 Fax: 614-4401
 RPM: #525791 RPC: 986631242 NEXTEL: 101*4338

Sucursal: Psje. Morelos Mz. C Lt. 6-7 Urb. Maria Isabel
 AREQUIPA – PERÚ Telf: (054) 213-573 Fax: (054) 202-703 RPM:
 #518422 RPC: 972730333 NEXTEL: 144*1603

Anexo 9: Cuadro de comparación de Índice de Willcomb(9).

Número del índice	Descripción
0	Flóculo coloidal. Ningún signo de aglutinación.
2	Visible. Flóculo muy pequeño, casi imperceptible para un observador no entrenado.
4	Disperso. Flóculo bien formado pero uniformemente distribuido. (Sedimenta muy lentamente o no sedimenta.)
6	Claro. Flóculo de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud.
8	Bueno. Flóculo que se deposita fácil pero no completamente.
10	Excelente. Flóculo que se deposita completamente, dejando el agua cristalina.

Anexo 10. Panel fotográfico

Nota. Ingreso de agua cruda a PTAP Quellaveco



Nota. Toma de muestras de agua cruda



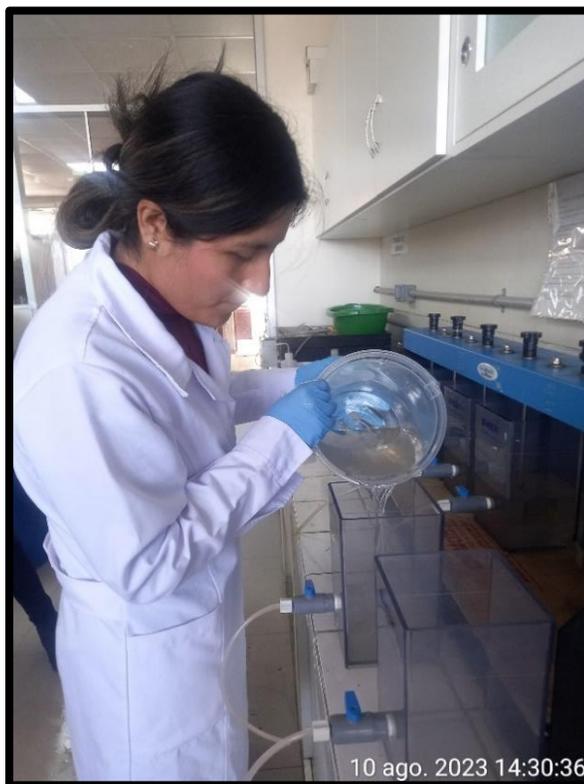
Nota. Preparación de solución PAC al 1% Y Catfloc al 0.1%



Nota. Solución patrón de PAC al 1% y Catfloc al 0.1%



Nota. Medición de parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua cruda antes del ensayo de jarras (Pruebas 1 y 2)



Nota. Llenado de cada jarra con muestras de agua cruda



Nota. Programación del equipo para ensayo de jarras



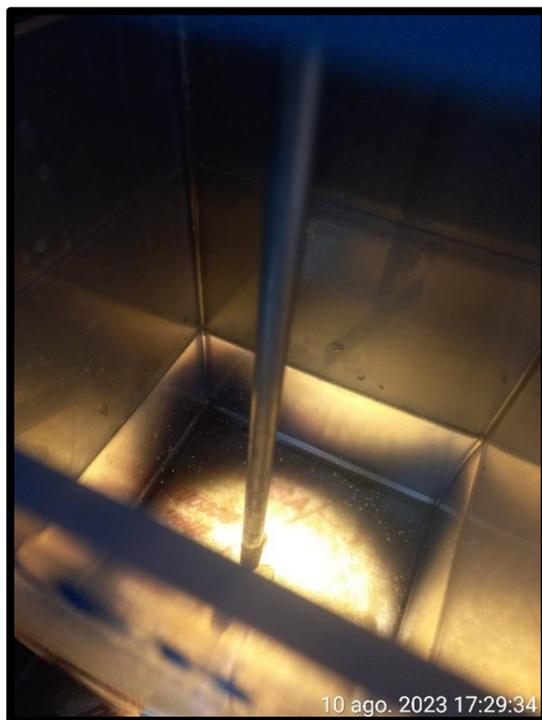
Nota. Agregación de l coagulante en la mezcla rápida



Nota. Ensayo de Jarras con dosis distintas



Nota. Formación de floc en la etapa de mezcla lenta



Nota. Sedimentación de los floc



Nota. Toma de muestra de las jarras



Nota. Medición de parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua cruda antes del ensayo de Jarras (Pruebas 3 y 4)



Nota. Medición de parámetros fisicoquímicos de las muestras de agua cruda después del ensayo de jarras



Nota. Medición de turbidez de la muestra después de la prueba de jarras (Prueba 1)



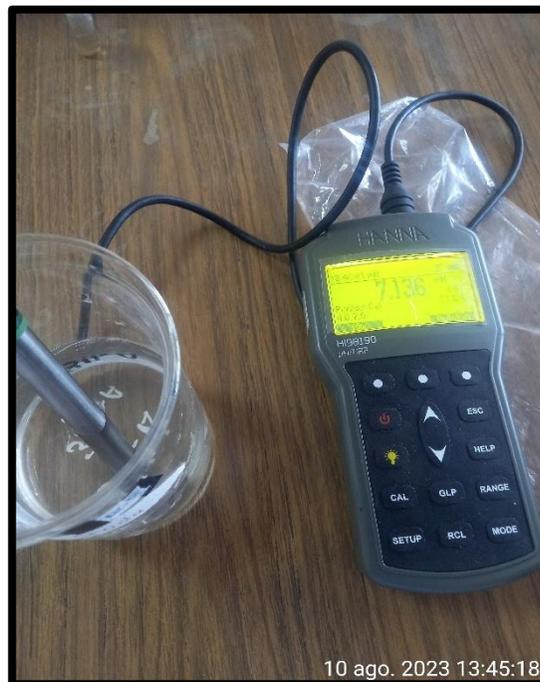
Nota. Medición de turbidez de la muestra después de la prueba de jarras (Prueba 2)



Nota. Medición de turbidez de la muestra después de la prueba de jarras (Prueba 3)



Nota. Medición de turbidez de la muestra después de la prueba de jarras (Prueba 4)



Nota.. Medición de pH de la muestra al azar después de la prueba de jarras (Prueba 1 y 2)



Nota.. Medición de pH de la muestra después de la prueba de jarras (Prueba 3 y 4)