

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

**Recuperación de agua clarificada para reducir el
consumo de insumos químicos durante el tratamiento
de efluentes en la empresa Austral Group S.A.A.**

Marco Antonio Astre Yucra

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Arequipa, 2025

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 : José Antonio Velásquez Costa
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 18 de Setiembre de 2025

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

Título:

Recuperación de Agua Clarificada para Reducir el Consumo de Insumos Químicos durante el Tratamiento de Efluentes en la Empresa Austral Group S.A.A.

Autores:

1. Marco Antonio Astre Yucra – EAP. Ingeniería Industrial

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 9 % 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 (en caso de elegir "SI"): 20 | 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)

ASESOR

José Antonio Velásquez Costa

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesor, por su invaluable apoyo y guía a lo largo de este proyecto. Su experiencia y conocimientos han sido fundamentales para el desarrollo de esta investigación.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, cuyo amor y apoyo incondicional me han acompañado en cada paso de mi camino académico. Su sacrificio, aliento y enseñanzas han sido la base de mis logros. Gracias por creer en mí y por ser mi mayor inspiración.

ÍNDICE

ASESOR	iv
AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I	16
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	16
1.1 Planteamiento y formulación del problema	16
1.1.1 Planteamiento del problema.....	16
1.1.2 Formulación del problema	18
1.2 Objetivos de la investigación	18
1.2.1 Objetivo general.....	18
1.2.2 Objetivos específicos	19
1.3 Justificación e importancia	19
1.3.1 Justificación práctica.....	19
1.3.2 Justificación metodológica.....	19
1.3.3 Justificación económica	19
1.3.4 Importancia	20
1.4 Delimitación del proyecto.....	20
1.4.1 Delimitación espacial.....	20
1.4.2 Delimitación temporal.....	20
1.5 Hipótesis y variables	21
1.5.1 Hipótesis general.....	21
1.5.2 Hipótesis específicas	21
1.6 Variables, operacionalización	21
1.6.1 Variable dependiente.....	21

1.6.2	Variable independiente	21
1.6.3	Operacionalización de variables	22
CAPÍTULO II		23
MARCO TEÓRICO.....		23
2.1	Antecedentes del problema	23
2.1.1	Antecedentes internacionales	23
2.1.2	Antecedentes nacionales	26
2.1.3	Antecedentes locales	30
2.2	Bases teóricas.....	31
2.2.1	Recuperación de agua clarificada	31
2.2.2	Consumo de insumos químicos.....	37
2.3	Definición de términos básicos.....	39
CAPÍTULO III.....		41
METODOLOGÍA.....		41
3.1	Método y alcance de la investigación	41
3.1.1	Método de la investigación	41
3.1.2	Alcance de la investigación.....	41
3.2	Diseño de investigación	42
3.2.1	Diseño	42
3.3	Población y muestra.....	42
3.3.1	Población.....	42
3.3.2	Muestra	42
3.4	Técnica e instrumentos	43
3.4.1	Técnica.....	43
3.4.2	Instrumentos.....	44
3.5	Aspectos éticos.....	44
CAPÍTULO IV		45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		45
4.1	Diagnostico situacional.....	45
4.1.1	Contexto operativo y definición del problema.....	45
4.1.2	Análisis causa – efecto.....	46
4.1.3	Priorización de problemas.....	47

4.1.4	Costos por el reúso de agua clarificada.....	49
4.1.5	Síntesis del diagnóstico actual	50
4.2	Recuperación de agua clarificada	52
4.2.1	Caracterización del sistema.....	52
4.2.2	Capacidad hidráulica del sistema.....	59
4.2.3	Condiciones operativas del sistema	62
4.2.4	Frecuencia de operación.....	65
4.3	Consumo de insumos químicos	67
4.3.1	Ratio de consumo de sulfato férrico	67
4.3.2	Ratio de consumo de Polychem 8420	69
4.3.3	Ratio de consumo de Polychem 8750	71
4.4	Evaluación económica	73
4.5	Discusión de resultados.....	76
CONCLUSIONES		78
RECOMENDACIONES.....		79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		80
ANEXOS		87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Matriz de operacionalización de variables.....	22
Tabla 2.	Tipos de agua residual.....	31
Tabla 3.	Sistemas de flotación por aireación.	35
Tabla 4.	Contexto operativo preintervención (ene-nov 2022).	45
Tabla 5.	Indicadores diagnósticos del problema (ene-nov 2022).....	45
Tabla 6.	Pareto de causas.	47
Tabla 7.	Uso actual de los insumos químicos.	49
Tabla 8.	Potencia y demanda eléctrica actual de los equipos.....	49
Tabla 9.	Uso actual de energía eléctrica.....	50
Tabla 10.	Resumen económico del proceso actual.	50
Tabla 11.	Lista de verificación técnica de los componentes del sistema.	55
Tabla 12.	Análisis comparativo del sistema de recuperación	58
Tabla 13.	Observación de caudal promedio.....	61
Tabla 14.	Ficha de observación del agua clarificada recuperada.....	63
Tabla 15.	Días de operación del sistema de recuperación de agua clarificada.	65
Tabla 16.	Comparativo diario entre volumen de agua bombeada y clarificada.....	66
Tabla 17.	Ratio de consumo de sulfato férrico por volumen de agua bombeada.....	68
Tabla 18.	Ratio de consumo de Polychem 8420 por volumen de agua bombeada.	70
Tabla 19.	Ratio de consumo de Polychem 8750 por volumen de agua bombeada.	72
Tabla 20.	Ahorro económico por insumos químicos recuperados.....	74
Tabla 21.	Potencia y demanda energética de equipos del sistema de recuperación.....	75
Tabla 22.	Resumen de ahorro económico total.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Constitución de agua residual.	32
Figura 2.	Diagrama de Ishikawa.....	46
Figura 3.	Diagrama de Pareto.....	48
Figura 4.	Proceso de tratamiento del agua de bombeo.....	54

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar el efecto de la recuperación de agua clarificada sobre el consumo de insumos químicos en el tratamiento de efluentes de la empresa Austral Group S.A.A. (2023). Se aplicó un enfoque cuantitativo de tipo preexperimental, con diseño longitudinal retrospectivo, utilizando la observación directa como técnica y fichas de registro como instrumento para caracterizar el sistema y cuantificar el consumo de reactivos. Los resultados mostraron que el sistema presentó un tiempo de retención hidráulica promedio de 2,49 horas y operó entre 138 y 154 días por año, recuperando un efluente con bajo contenido de sólidos y grasas. Tras la implementación, se registraron ratios promedio de consumo de 0,184 kg/m³ para sulfato férrico, 0,065 kg/m³ para Polychem 8420 y 0,058 kg/m³ para Polychem 8750, evidenciando reducciones cuantificables respecto al periodo sin recuperación. Asimismo, el análisis económico reveló ahorros directos en la adquisición de insumos y mayor eficiencia operativa. Se concluyó que la recuperación del agua clarificada es una alternativa técnicamente viable para reducir el consumo de coagulantes y floculantes en el tratamiento de efluentes, contribuyendo a la optimización de recursos y a la sostenibilidad del proceso productivo.

Palabras clave: recuperación de agua clarificada, consumo de insumos químicos, tratamiento de efluentes, tiempo de retención hidráulica, sulfato férrico, Polychem.

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the effect of clarified water recovery on the consumption of chemical inputs in the effluent treatment process of Austral Group S.A.A. (2023). A quantitative approach with a pre-experimental design and retrospective longitudinal scope was applied, using direct observation as the technique and observation sheets as the instrument to characterize the system and quantify reagent consumption. The results showed that the system achieved an average hydraulic retention time of 2.49 hours and operated between 138 and 154 days per year, recovering effluent with low solids and grease content. After implementation, average consumption ratios were recorded at 0.184 kg/m³ for ferric sulfate, 0.065 kg/m³ for Polychem 8420, and 0.058 kg/m³ for Polychem 8750, evidencing measurable reductions compared to the period without recovery. Likewise, the economic analysis revealed direct savings in the purchase of inputs and greater operational efficiency. It was concluded that clarified water recovery is a technically feasible alternative to reduce the consumption of coagulants and flocculants in effluent treatment, contributing to resource optimization and the sustainability of the production process.

Keywords: clarified water recovery, chemical input consumption, effluent treatment, hydraulic retention time, ferric sulfate, Polychem.

INTRODUCCIÓN

La industria de producción de harina y aceite de pescado representa un sector económico de gran relevancia a nivel mundial; sin embargo, su operación genera desafíos ambientales significativos, principalmente asociados al tratamiento de sus efluentes. A escala global, se reconoce que el procesamiento de pescado puede generar entre un 20% y un 80% de su volumen como residuos, los cuales se mezclan con las aguas residuales. Estos efluentes se caracterizan por presentar un alto contenido de materia orgánica, turbidez elevada y una considerable carga de grasas, lo que dificulta su tratamiento y su disposición final. El vertimiento de estas aguas sin un tratamiento adecuado puede provocar graves alteraciones en los ecosistemas acuáticos receptores, como fenómenos de eutrofización, disminución del oxígeno disuelto y cambios en la salinidad (Cevallos, 2022). Para mitigar estos impactos, la industria ha recurrido tradicionalmente a procesos fisicoquímicos como la coagulación y floculación, que mejoran las propiedades del agua tratada. No obstante, el uso de coagulantes sintéticos, como las sales de aluminio y hierro, presenta desventajas importantes, entre las que se incluyen los elevados costos de adquisición, la generación de grandes volúmenes de lodos con trazas de compuestos potencialmente tóxicos y la alteración del pH del agua tratada (Cevallos, 2022).

En el contexto peruano, uno de los principales productores de harina de pescado del mundo (Martínez, 2023), el sector pesquero constituye un pilar fundamental de la economía y un importante generador de divisas (Vásquez, 2021). Históricamente, esta actividad ha generado un considerable impacto ambiental, lo que ha impulsado la implementación de un marco regulatorio más estricto. Normativas como el Decreto Supremo N° 010-2008-PRODUCE, que establece los Límites Máximos Permisibles (LMP), y la ejecución de Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA), han obligado a las empresas a innovar en sus sistemas de tratamiento de efluentes (Vásquez Chuquizuta, 2021). El efluente principal, conocido como "agua de bombeo", contiene materia orgánica valiosa, como proteínas y aceites, cuya recuperación no solo reduce la carga contaminante, sino que también representa una oportunidad para mejorar la rentabilidad del proceso (Vásquez, 2021).

Dentro de este marco, la investigación se centró en un problema operativo específico identificado en la empresa Austral Group S.A.A. la ineficiencia en el uso de recursos clave, agua e insumos químicos, durante la etapa de tratamiento fisicoquímico de efluentes. El proceso actual utiliza coagulantes y floculantes para separar los sólidos del lodo en un equipo denominado separadora ambiental, generando como subproducto un agua clarificada. Esta agua, que contiene remanentes valiosos de los insumos químicos dosificados, es actualmente descartada. Esta práctica resulta en una pérdida económica directa y en un sobreconsumo de

agua potable y reactivos, que deben ser nuevamente adquiridos y dosificados en el sistema. El estudio aborda esta ineficiencia como una oportunidad de optimización de procesos, proponiendo la recuperación y recirculación del agua clarificada para ser reutilizada como agua de dilución, buscando con ello una reducción significativa en el consumo de insumos y, por ende, en los costos operativos.

Para presentar de manera estructurada los hallazgos de esta investigación, el documento se ha organizado en varios apartados. El Capítulo I, Planteamiento del estudio, describe la problemática a nivel operativo, formulando el problema de investigación y estableciendo los objetivos, la justificación y los alcances del proyecto. Seguidamente, el Capítulo II, Marco teórico, revisa la literatura científica y técnica relevante, incluyendo antecedentes y las bases conceptuales que fundamentan el tratamiento de efluentes. El Capítulo III, Metodología, detalla el diseño de la investigación y las técnicas utilizadas para la recolección y análisis de datos. Posteriormente, el Capítulo IV, Resultados y discusión, presenta y analiza los datos cuantitativos obtenidos, evaluando el impacto de la propuesta de mejora. Finalmente, el Capítulo V, Conclusiones y recomendaciones, sintetiza los principales hallazgos y formula recomendaciones técnicas para la implementación de la mejora en la empresa.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento y formulación del problema

1.1.1 Planteamiento del problema

La gestión de efluentes en la industria de harina y aceite de pescado constituye un desafío técnico, económico y ambiental de escala global. A nivel internacional, se reconoce que el procesamiento de pescado puede generar entre un 20% y un 80% de su biomasa como residuos líquidos y sólidos, los cuales se caracterizan por su elevada carga orgánica, grasas y turbidez (Vargas, 2021 y (Cevallos, 2022)). El vertimiento de estos efluentes sin un tratamiento adecuado provoca severos impactos en los cuerpos de agua receptores, incluyendo la disminución del oxígeno disuelto y fenómenos de eutrofización que alteran el equilibrio ecológico (Cevallos, 2022). Para mitigar estos efectos, la industria recurre de forma generalizada a tratamientos fisicoquímicos, principalmente la coagulación-floculación con sales de aluminio y hierro. Sin embargo, esta solución convencional, aunque efectiva, presenta inconvenientes significativos como los altos costos operativos asociados a la adquisición de reactivos, la generación de grandes volúmenes de lodos con trazas de compuestos potencialmente tóxicos y la alteración del pH del agua tratada (Cevallos, 2022).

En el contexto latinoamericano, la problemática se manifiesta con particular intensidad, presionando a las industrias a buscar un balance entre la productividad y la sostenibilidad ambiental. Un estudio de caso en Ecuador reveló que los efluentes de una planta harinera excedían drásticamente los límites normativos locales para descarga en alcantarillado. Se registraron valores de Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 5,395.70 mgO₂/L, superando en más de diez veces el límite de 500 mgO₂/L, y concentraciones de aceites y grasas de 360.68 mg/L, más de cinco veces por encima del límite de 70 mg/L (Cevallos, 2022). Esta situación evidencia no solo la alta carga contaminante de los efluentes, sino también la dependencia de un consumo intensivo y costoso de insumos químicos para intentar alcanzar, a menudo sin éxito, los estándares regulatorios, un patrón que se replica en diversas naciones productoras de la región.

Perú, como uno de los principales productores de harina y aceite de pescado a nivel mundial, enfrenta este desafío a una escala industrial masiva (Martínez, 2023). El sector pesquero es un pilar de la economía nacional, pero su crecimiento ha estado históricamente ligado a un considerable impacto ambiental, lo que motivó la creación de un robusto marco regulatorio para

asegurar su sostenibilidad (Vásquez, 2021). El Decreto Supremo N° 010-2018-MINAM establece los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de esta industria, fijando para descargas en cuerpos de agua marinos concentraciones máximas de 350 mg/L para aceites y grasas y 700 mg/L para sólidos suspendidos totales (SST), con un rango de pH entre 5 y 9 (Minam, 2018). Para cumplir con esta estricta normativa, las empresas han implementado complejos sistemas de tratamiento que, si bien son necesarios, representan un costo operativo significativo. El principal efluente, conocido como "agua de bombeo", puede alcanzar volúmenes de hasta 4,000 m³ por día para procesar 2,400 toneladas de materia prima (Vásquez, 2021). La recuperación de sólidos y grasas de este caudal es crucial; una planta puede llegar a recuperar 39.4 toneladas de sólidos y 26.4 toneladas de grasa por turno, lo que subraya la magnitud de los recursos que de otro modo se perderían y la intensidad del tratamiento químico requerido para lograrlo (Vásquez, 2021). Este intensivo consumo de agua e insumos químicos se convierte en un punto crítico que afecta directamente la sostenibilidad económica y ambiental de las operaciones.

La investigación se enfoca en una ineficiencia operativa específica dentro de este contexto, identificada en la planta de la empresa Austral Group S.A.A. Durante el tratamiento fisicoquímico, específicamente en la etapa de deshidratación de lodos en la separadora ambiental, se genera un subproducto de agua clarificada. Este efluente, a pesar de contener concentraciones residuales significativas de los coagulantes y floculantes previamente dosificados, es actualmente descartado. Esta práctica genera una doble pérdida económica y de recursos, por un lado, se desechan insumos químicos valiosos que podrían ser reaprovechados y, por otro, se obliga a la planta a consumir un mayor volumen de agua potable fresca y una dosis completa de nuevos reactivos para la dilución de los químicos en el proceso. Este ciclo de descarte y nuevo consumo representa una oportunidad clara de optimización. Por lo tanto, el problema central de esta investigación es la pérdida económica y el sobreconsumo de recursos (agua e insumos químicos) derivados del no reaprovechamiento del agua clarificada en el sistema de tratamiento de efluentes.

La intervención propuesta para solucionar esta problemática, que constituye la variable independiente de este estudio, es la recuperación de agua clarificada. Esta variable alude a la implementación de una modificación ingenieril en el proceso, consistente en la captura, conducción y reintroducción del agua clarificada al sistema de tratamiento para su empleo como agua de dilución en la preparación de las soluciones de insumos químicos. Dicha acción busca reemplazar parcial o totalmente el uso de agua potable para este fin. La medición de esta variable se realizará a través de la cuantificación del volumen de agua clarificada, expresado en

metros cúbicos (m³), que es efectivamente recuperado y reutilizado en el proceso durante un periodo de operación determinado.

El efecto de esta intervención se evaluará sobre la variable dependiente, que es el consumo de insumos químicos. Esta variable representa la cantidad total de reactivos, específicamente coagulantes y floculantes, que son requeridos y dosificados en el sistema de tratamiento para lograr la separación de sólidos y grasas del efluente, en cumplimiento con los parámetros de calidad internos y los LMP normativos. La medición de esta variable se efectuará a través de los registros de consumo y los balances de materia de la planta. Sus indicadores serán la cantidad total consumida de cada insumo (sulfato férrico, Polychem 8420 y Polychem 8750), expresada en kilogramos (kg), así como el ratio de consumo, definido como los kilogramos de insumo por metro cúbico de efluente tratado, antes y después de implementar la recuperación de agua clarificada.

1.1.2 Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿En qué medida la recuperación del agua clarificada reduce el consumo de insumos químicos durante el tratamiento de efluentes en la planta industrial de Austral Group S.A.A. en 2023?

1.1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿En qué medida la recuperación de agua clarificada reduce el consumo específico de sulfato férrico?
- b) ¿En qué medida la recuperación agua clarificada reduce el consumo específico de Polychem 8420?
- c) ¿En qué medida la recuperación agua clarificada reduce el consumo específico de Polychem 8750?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la recuperación del agua clarificada sobre el consumo de insumos químicos en el tratamiento de efluentes de Austral Group S.A.A. en 2023.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Determinar el efecto de la recuperación de agua clarificada sobre el consumo del químico sulfato férrico.
- b) Determinar el efecto de la recuperación de agua clarificada sobre el consumo del químico Polychem 8420.
- c) Determinar el efecto de la recuperación de agua clarificada sobre el consumo del químico Polychem 8750.

1.3 Justificación e importancia

1.3.1 Justificación práctica

Desde una perspectiva operativa, el estudio se justifica en la posibilidad concreta de reducir la dependencia del agua potable en la preparación de soluciones químicas, reemplazándola por agua clarificada recuperada desde la separadora ambiental, tal como se evidencia en la planta de tratamiento de la empresa Austral Group S.A.A. Esta práctica permitiría, según lo observado por Cano, reducir la variabilidad de condiciones en la dosificación de químicos, aumentar la homogeneidad de la mezcla y optimizar el tiempo de retención en las unidades de tratamiento (Cano, 2022). En consecuencia, se lograría una disminución medible del consumo de sulfato férrico, Polychem 8420 y Polychem 8750, generando beneficios directos en la eficiencia del proceso.

1.3.2 Justificación metodológica

El sustento metodológico se apoya en un enfoque experimental, específicamente de tipo preexperimental, lo cual permite evaluar de manera directa los efectos de la recirculación del agua clarificada sobre el consumo de insumos químicos. Este diseño resulta pertinente considerando que la investigación introduce una intervención en el proceso, la recuperación del agua clarificada, y analiza sus efectos en condiciones reales de operación de la planta, aunque sin contar con grupo de control. La selección de indicadores como la tasa de recuperación de agua clarificada (m^3 recuperados/ m^3 bombeados) y el ratio de consumo de coagulantes (kg/m^3 tratados), posibilita establecer relaciones cuantificables entre eficiencia hidráulica y eficiencia química (Cano, 2022).

1.3.3 Justificación económica

La justificación económica de la investigación radica en su capacidad de generar ahorros directos en el consumo de insumos químicos utilizados durante el tratamiento de efluentes. La

sustitución parcial del agua potable por agua clarificada recuperada permite reducir el volumen de diluyente necesario en la preparación de soluciones coagulantes y floculantes, disminuyendo así la cantidad de productos aplicados. Esta optimización no solo impacta en la reducción de costos por adquisición de insumos, sino también en los gastos asociados al transporte, almacenamiento y manejo de dichos productos. Además, la estandarización del uso de agua clarificada estabiliza el proceso de tratamiento, lo que puede traducirse en menores requerimientos de corrección operativa y menor generación de residuos. En conjunto, estos efectos contribuyen a una gestión financiera más eficiente, alineada con objetivos de sostenibilidad y rentabilidad industrial.

1.3.4 Importancia

Esta investigación cobra relevancia porque busca una manera más responsable y eficiente de tratar los efluentes industriales. Recuperar el agua clarificada para reutilizarla en la preparación de soluciones químicas no solo reduce el consumo de insumos como coagulantes y floculantes, sino que también disminuye la dependencia del agua potable, un recurso cada vez más valioso. Al aplicar esta práctica, la planta logra estabilizar sus procesos, hacerlos más uniformes y evitar desperdicios, algo que repercute de manera directa en menores costos y mejor rendimiento. El estudio se apoya en datos reales de la operación de la empresa Austral Group S.A.A., lo que permite demostrar con evidencia concreta que la recirculación del agua es una estrategia que puede replicarse en otras industrias. Además de los beneficios técnicos y económicos, este tipo de mejoras aportan a la protección del medio ambiente y contribuyen a que las empresas operen de forma más sostenible, alineadas con los retos actuales de cuidado del agua y uso responsable de los recursos.

1.4 Delimitación del proyecto

1.4.1 Delimitación espacial

La investigación se realizó en la empresa Austral Group S.A.A., planta de Ilo, ubicada en la provincia de Ilo, departamento de Moquegua, Perú. El estudio se centró en el sistema de tratamiento de efluentes industriales, específicamente en la recuperación de agua clarificada empleada en los procesos de preparación de soluciones químicas.

1.4.2 Delimitación temporal

La investigación se llevó a cabo entre enero de 2022 y noviembre de 2023, comprendiendo el periodo de diagnóstico situacional realizado de enero a noviembre de 2022, la etapa de

implementación desarrollada en los meses de noviembre y diciembre de 2022, y la evaluación posterior ejecutada de enero a noviembre de 2023.

1.5 Hipótesis y variables

1.5.1 Hipótesis general

La recuperación del agua clarificada reduce el consumo de insumos químicos durante el tratamiento de efluentes en la planta industrial de Austral Group S.A.A. en 2023.

1.5.2 Hipótesis específicas

- La recuperación del agua clarificada reduce el consumo del químico sulfato férrico.
- La recuperación del agua clarificada reduce el consumo del químico Polychem 8420.
- La recuperación del agua clarificada reduce el consumo del químico Polychem 8750.

1.6 Variables, operacionalización

1.6.1 Variable dependiente

Los insumos químicos se refiere los coagulantes y floculantes utilizados en el tratamiento de efluentes, los cuales son esenciales para la remoción de sólidos suspendidos y grasas. Su dosificación influye directamente en la eficiencia del proceso y en los costos operativos de la planta (Barros et al., 2022).

1.6.2 Variable independiente

Agua clarificada, es el producto del proceso obtenida de la separación ambiental para la reutilización parcial tratada, libre de sólidos y grasas, proveniente de etapas como la separación ambiental. Esta agua puede ser reintegrada a operaciones internas, como dilución de insumos, contribuyendo a la reducción del uso de agua potable y a la sostenibilidad del sistema (Jiménez, 2008).

1.6.3 Operacionalización de variables

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICA/INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
VI: Agua clarificada	Es el proceso de reutilización del agua separada de grasas y sólidos durante el tratamiento de efluentes, empleada como diluyente en la preparación de soluciones químicas dentro del mismo sistema industrial (10).	Es medida a partir de la caracterización técnica del sistema de recirculación, considerando los componentes instalados, el tiempo de retención hidráulica (calculado como volumen del sistema entre caudal), la tipología del agua recuperada y la frecuencia de operación expresada en número de días activos durante el periodo de análisis.	Disponibilidad del agua clarificada	Tiempo de retención hidráulica (TRH) = Volumen del sistema / Caudal	Observación directa / Ficha de observación	Razón
				Nº de días de operación	Observación directa / Ficha de observación	Razón
			Calidad	Tipología del agua	Observación directa / Ficha de observación	Razón
			Infraestructura	Componentes del sistema	Observación directa / Ficha de observación	Nominal
VD: Insumos químicos	Es la cantidad de coagulantes y floculantes dosificados durante el tratamiento de efluentes, con el fin de remover sólidos y grasas mediante procesos físico-químicos (11).	Es evaluado a través del análisis de eficiencia operativa, considerando tres ratios específicos: el consumo de sulfato férrico, Polychem 8420 y Polychem 8750, expresados como la masa del insumo utilizado (en kilogramos) dividida entre el volumen total de agua de bombeo tratada (en metros cúbicos), obteniendo así una relación directa de insumo aplicado por unidad de tratamiento hídrico.	Eficiencia operativa	Ratio de consumo de sulfato férrico=Consumo de sulfato férrico (kg)/Volumen total de agua de bombeo (m3)	Observación directa / Ficha de observación	Razón
				Ratio de consumo de Polychem 8420=Consumo de Polychem 8420 (kg)/Volumen total de agua de bombeo (m3)	Observación directa / Ficha de observación	Razón
				Ratio de consumo de Polychem 8750=Consumo de Polychem 8750 (kg)/Volumen total de agua de bombeo (m3)	Observación directa / Ficha de observación	Razón

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del problema

2.1.1 Antecedentes internacionales.

Knap, Czajkowska y Żubrowska (2025), en su investigación titulada “Coagulation in municipal water reclamation for industrial reuse: The process effectiveness and impact on chemical stability”, plantearon como objetivo principal evaluar la eficiencia de los procesos de coagulación volumétrica y superficial en la recuperación de agua municipal para su reutilización industrial, considerando tanto la remoción de contaminantes como el efecto en la estabilidad química del agua. El estudio adoptó un enfoque deductivo, con un alcance explicativo y correlacional, y un diseño experimental de laboratorio que incluyó pruebas controladas con diferentes dosis de coagulantes. Se aplicaron técnicas de experimentación en laboratorio y se utilizaron como instrumentos un floculador múltiple, filtros de arena y equipos de análisis como espectrofotómetros, turbidímetro, medidor de carbono orgánico total y pH-metros, complementados con la aplicación de índices de estabilidad química (LSI, RSI, PSI, LR y SI). Los principales resultados indicaron reducciones significativas de turbidez (hasta 82,40 % con PAX-XL 19 F en coagulación volumétrica), de COD (34 % con 8 mg Al/L usando sulfato de aluminio en coagulación volumétrica frente a 30 % con 2 mg Al/L en coagulación superficial) y de TOC (incrementos de hasta 7 puntos porcentuales respecto a la filtración simple), aunque se observaron impactos negativos en la estabilidad química, como tendencias a la corrosividad ($LR > 2,4$ en la mayoría de condiciones). La relevancia del estudio radica en que aporta evidencia sobre los compromisos entre eficiencia de purificación y estabilidad química, ofreciendo un marco práctico para seleccionar coagulantes adecuados que favorezcan la sostenibilidad de la gestión del agua industrial.

Kawan et al. (2022), en su artículo titulado “Effect of Hydraulic Retention Time on the Performance of a Compact Moving Bed Biofilm Reactor for Effluent Polishing of Treated Sewage”, tuvieron como objetivo analizar el efecto del tiempo de retención hidráulica (HRT) en la eficiencia de un reactor biopelícula de lecho móvil (MBBR) compacto aplicado al pulimiento de aguas residuales previamente tratadas. La investigación se desarrolló bajo un método deductivo, con un alcance explicativo y correlacional, y un diseño experimental de laboratorio, en el cual se evaluaron diferentes HRT (24, 18, 12, 6, 4 y 2 horas) con un volumen de trabajo de 500 L. Se emplearon técnicas de experimentación directa y análisis físico-químico y microbiológico, utilizando como instrumentos equipos de medición estandarizados (HACH

para DBO₅, DQO, SST, nutrientes y coliformes), sondas de pH, oxígeno disuelto y temperatura, así como microscopía electrónica de barrido (SEM) y secuenciación de 16S rRNA para caracterizar biofilms. Los resultados principales mostraron que a 24 h de HRT se alcanzaron eficiencias de remoción de DBO₅ del 71 %, DQO del 54 %, NH₃-N del 48 %, fósforo total del 12 % y coliformes fecales del 96 %; además, el biofilm creció desde 102,6 µm (24 h) hasta 297,1 µm (2 h), con predominio de bacterias del filo Proteobacteria (52,89 %). La relevancia del estudio radica en demostrar que el MBBR puede ser aplicado como una tecnología compacta y modular para mejorar la calidad de efluentes hasta estándares cercanos a Clase IIA de la NWQS de Malasia, lo que refuerza su valor como estrategia de reutilización de agua y sostenibilidad en plantas de tratamiento.

Esteki et al. (2024), en su artículo titulado “Investigating the improvement of the quality of industrial effluents for reuse with added processes: coagulation, flocculation, multi-layer filter and UV”, tuvieron como propósito evaluar la eficiencia de procesos avanzados de tratamiento, coagulación, floculación, filtración en lecho multicapa y desinfección con radiación ultravioleta, para incrementar la calidad de los efluentes industriales y posibilitar su reúso. La investigación siguió un método deductivo, con un alcance explicativo y un diseño experimental a escala piloto, en el cual se analizaron caudales de 1, 2, 4, 6 y 8 L/min mediante pruebas de coagulación-floculación, filtración y desinfección. Se aplicaron técnicas de experimentación en laboratorio y análisis físico-químico y microbiológico, utilizando como instrumentos el jar test, filtros de arena y carbón activado, y lámparas UV, además de análisis estandarizados para COD, TSS, TDS, turbidez, dureza, grasas y aceites, coliformes totales y fecales. Entre los resultados más destacados se obtuvo una remoción promedio de turbidez del 56,88 %, de COD del 46,66 %, de TSS del 38 %, de TDS del 23,19 % y de grasas y aceites del 91,43 % en la etapa de coagulación-floculación; la filtración multicapa alcanzó hasta 56,84 % de eliminación de TSS y 50 % de COD; y la desinfección UV logró reducciones de 99,88 % en coliformes totales y 98,37 % en coliformes fecales. La relevancia de este estudio radica en que demuestra la viabilidad de integrar procesos físico-químicos y de desinfección avanzada para llevar los efluentes industriales a niveles de calidad aceptables, fortaleciendo el marco teórico y práctico sobre reúso de aguas en entornos industriales con limitación de recursos hídricos.

Alazaiza, Alzghoul, Nassani y Bashir (2025), en su artículo titulado “Natural Coagulants for Sustainable Wastewater Treatment: Current Global Research Trends”, tuvieron como propósito analizar las tendencias mundiales en la investigación sobre coagulantes naturales aplicados al tratamiento sostenible de aguas residuales. El estudio empleó un método bibliométrico, siguiendo el protocolo PRISMA para revisiones sistemáticas, con un alcance descriptivo y explicativo, a partir de la base de datos Scopus que abarcó el periodo 2015–2024. La técnica

aplicada fue la revisión bibliográfica sistemática, y como instrumentos se utilizaron matrices de registro de publicaciones y software de visualización científica (VOSviewer v.1.6.20) para mapear redes de coautoría, co-citación y tendencias. Los principales hallazgos indican un crecimiento sostenido en la producción científica, pasando de 5 artículos en 2015 a 51 en 2024, con un total de 268 publicaciones y 4842 citas; además, se identificó que Malasia, India y Brasil lideran en productividad y citación, mientras que Moringa oleifera y el quitosano son los coagulantes naturales más estudiados por su eficacia en la remoción de metales pesados y turbidez. La relevancia de esta investigación reside en que sistematiza el avance global en coagulantes naturales, evidenciando brechas de aplicación a gran escala y aportando un marco teórico-práctico que orienta hacia soluciones sostenibles alineadas con los principios de química verde y economía circular.

Ramírez (2023), en su artículo titulado “Tratamiento de aguas residuales y problemáticas ambientales del sector textil en Colombia: una revisión”, planteó como objetivo analizar los impactos ambientales derivados de los efluentes textiles y los avances tecnológicos aplicados para su tratamiento. La investigación se desarrolló bajo un método de revisión y análisis documental, con un alcance descriptivo y explicativo, siguiendo fases heurística y hermenéutica, y empleando como técnicas la búsqueda sistemática en bases de datos (EBSCOhost, Science Direct, ProQuest, ISI Web of Knowledge, Dialnet, Redalyc) mediante operadores booleanos; los instrumentos fueron fichas de revisión documental y matrices de registro. Asimismo, se identificaron tecnologías de tratamiento avanzadas como la electrocoagulación, la electro-oxidación, los procesos Fenton y foto-Fenton, y el uso de nanomateriales de titania y bioadsorbentes, que alcanzan remociones de DQO superiores al 80 % y degradaciones de colorantes cercanas al 100 %. La relevancia de esta revisión radica en que ofrece un panorama actualizado de la problemática y de las soluciones tecnológicas para el sector textil en Colombia, aportando bases teóricas para la gestión ambiental y la transición hacia modelos productivos más sostenibles (16).

Cabrera, Montenegro y Jiménez (2022), en su artículo titulado “Análisis de un sistema de tratamiento de aguas residuales de una industria de embutidos”, tuvieron como objetivo desarrollar un proceso de tratamiento para cumplir con la Resolución N°002-SA-2014 sobre descargas líquidas en Quito. La investigación se realizó mediante un método deductivo, con un alcance explicativo y un diseño experimental de laboratorio y escalado industrial, empleando como técnicas la caracterización físico-química de efluentes, pruebas de sedimentación, lombrifiltros y flotación por aireación, con instrumentos como embudos de separación, bombas rotodinámicas, celdas Denver, turbidímetros y análisis normalizados de DBO₅, DQO, sólidos suspendidos, aceites y grasas. Los resultados iniciales mostraron concentraciones de DBO₅ =

2314 mg/L, DQO = 3056 mg/L, sólidos suspendidos = 3136 mg/L y aceites y grasas = 2159 mg/L, todas muy por encima de la normativa; tras el tratamiento se alcanzaron eficiencias de 97,3 % en la trampa de grasa, 86,9 % en el lombrifiltro y 89,2 % en la flotación por aireación, reduciendo los contaminantes a niveles permitidos. La relevancia del estudio radica en que, valida la combinación de operaciones unitarias de bajo costo como alternativa eficiente para la industria cárnica, aportando un modelo replicable que minimiza el impacto ambiental y asegura el cumplimiento normativo en descargas industriales.

González et al. (2022), en su artículo titulado “Determinación de la eficiencia en el uso de fosas sépticas y filtros anaerobios (Biodigestor) para el tratamiento de aguas residuales domésticas”, plantearon como objetivo comparar la efectividad de ambos sistemas en la remoción de contaminantes en aguas residuales domésticas. La investigación se desarrolló mediante un método deductivo, con un alcance explicativo y un diseño no experimental de tipo comparativo, utilizando como técnicas el análisis estadístico de datos de monitoreo de PTAR rurales gestionados por ETAPA-EP y resultados de laboratorio en biodigestores (ANAVLAB). Se aplicaron instrumentos como fichas de monitoreo, registros operativos y análisis físico-químicos de DBO, DQO y SST. Los resultados mostraron que las plantas de tratamiento rurales alcanzaron eficiencias promedio de 80,96 % en DBO, 75,1 % en DQO y 90,23 % en SST, mientras que los biodigestores lograron 84,16 % en DBO, 75,32 % en DQO y 85,44 % en SST, diferencias menores al 5 % que validan la eficacia de ambos sistemas. La relevancia de este estudio radica en que demuestra que tanto fosas sépticas como biodigestores, cuando son diseñados e instalados adecuadamente, constituyen alternativas viables de tratamiento primario en contextos rurales, aportando evidencia aplicable a la gestión sostenible del saneamiento básico.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Escobedo et al. (2021), en su investigación titulada “Remoción de turbidez de aguas del canal madre de Chavimochic empleando diseño de mezclas de coagulantes”, plantearon como objetivo formular una mezcla óptima de coagulantes para maximizar la remoción de turbidez en aguas del canal madre de Chavimochic. El estudio se desarrolló bajo un método deductivo, con un alcance explicativo y un diseño experimental de mezclas simplex reticular aumentado, empleando como técnica la experimentación en laboratorio y como instrumentos un sensor de turbidez de bajo costo calibrado con un turbidímetro Hach Q2100Q y un microcontrolador Arduino Uno. Los resultados evidenciaron que la mejor combinación de coagulantes alcanzó un 96,45 % de remoción de turbidez con 9,14 ppm de sulfato férrico, 3,38 ppm de policloruro de aluminio y 27,49 ppm de clorhidrato de aluminio, respaldado por un modelo matemático

cuártico especial reducido con un coeficiente de correlación R^2 de 0,9302. La relevancia del estudio radica en demostrar la eficacia de diseños de mezclas para optimizar procesos de coagulación, además de validar el uso de sensores de bajo costo en la evaluación de calidad del agua, lo cual fortalece la aplicabilidad de tecnologías accesibles en el monitoreo y tratamiento de efluentes.

Chuqui y Huertas (2023), en su tesis titulada “Aplicación del Six Sigma para mejorar la eficiencia en la separadora ambiental en una empresa industrial pesquera, Chimbote 2023”, tuvieron como objetivo principal determinar si la aplicación de la metodología Six Sigma incrementa la eficiencia de la máquina separadora ambiental de una empresa pesquera. La investigación se enmarcó en un enfoque cuantitativo, con un alcance explicativo y un diseño preexperimental, evaluando la situación de la máquina mediante un pre test (abril–junio 2023) y un post test (septiembre–octubre 2023). Se aplicaron técnicas de análisis documental, observación directa y entrevistas, con instrumentos como fichas de registro de producción, formatos de control de tiempos, check list y diagramas de operaciones. Entre los resultados más relevantes, la calidad se incrementó en 12,44 % (de 79,69 % a 92,13 %), el rendimiento en 9,60 % (de 81,67 % a 91,26 %), la disponibilidad en 15,83 % (de 76,25 % a 92,08 %) y la eficiencia global del equipo (OEE) en 27,85 % (de 49,58 % a 77,44 %). La relevancia del estudio radica en demostrar la aplicabilidad del Six Sigma en la industria pesquera como herramienta de mejora continua, al reducir reprocesos, optimizar insumos y estandarizar procesos, generando evidencia teórico-práctica sobre la mejora de la productividad y la sostenibilidad operacional en contextos industriales.

Díaz et al., (2020) en su artículo titulado “Evaluación de tratamiento químico para aguas residuales provenientes de la elaboración de productos cárnicos”, tuvieron como objetivo evaluar la aplicación de coagulantes y floculantes para disminuir la carga contaminante de aguas residuales generadas en procesos de carne de cerdo deshuesada. La investigación siguió un método deductivo, con un alcance explicativo y un diseño experimental a escala de laboratorio, utilizando la técnica de prueba de jarras (Jar Test) como procedimiento principal. Se emplearon coagulantes como el policloruro de aluminio (PAC 300) y el cloruro férrico, combinados con cuatro floculantes comerciales, y se analizaron parámetros mediante métodos estándar (APHA-AWWA-WEF, 2017). Los resultados más relevantes mostraron una remoción de sólidos suspendidos superior al 99 % y una reducción de la DQO mayor al 85 % con los pares coagulante/floculante seleccionados, alcanzando además remociones de grasas y aceites alrededor del 70 %. La relevancia de este trabajo radica en demostrar la efectividad del tratamiento químico combinado para cumplir con normativas de vertimiento (NC 27:2012),

constituyendo un aporte teórico-práctico para el mejoramiento de la gestión de efluentes industriales del sector cárnico.

Casahuaman (2024), en su tesis titulada “Influencia de la humedad y grasa de la torta de separadora ambiental en el rendimiento de producción de harina de pescado en la empresa pesquera Exalmar S.A.A.–Huacho”, planteó como objetivo principal determinar cómo los porcentajes de humedad y grasa de la torta de separadora inciden en el rendimiento productivo de harina de pescado. La investigación se desarrolló bajo un método deductivo, con un alcance explicativo y un diseño preexperimental, en el que se realizaron balances de materia y energía con y sin adición de sólidos recuperados, además de la evaluación del aporte calórico de condensados en procesos de secado. Se emplearon técnicas de análisis documental y experimentación aplicada, y como instrumentos se utilizaron balances de masa y energía, registros operativos de producción y cálculos de indicadores de eficiencia energética. Los resultados evidenciaron que con un porcentaje de humedad de 68,70 % y grasa de 6,11 % en la torta de separadora, el rendimiento de planta alcanzó 3,99 toneladas de materia prima/tonelada de harina producida, mejorando en un 4,1 %, y optimizando el índice de eficiencia energética en 6,22 %, al pasar de 43,08 a 40,20 galones de petróleo R500/tonelada de harina, con una reducción del consumo de combustible de 22,2 galones/hora. La relevancia de este estudio radica en que aporta evidencia empírica sobre la importancia de controlar la humedad y grasa de la torta de separadora para incrementar la rentabilidad, optimizar recursos energéticos y cumplir con programas de adecuación ambiental en la industria pesquera.

Palacio (2021), en su tesis titulada “Tratamiento de agua de bombeo y su relación en el ratio de consumo de sulfato férrico en una planta productora de harina de pescado, Chancay 2021”, planteó como objetivo principal evaluar la relación entre las condiciones fisicoquímicas del agua de bombeo y el consumo del coagulante sulfato férrico. La investigación siguió un método deductivo, con un enfoque cuantitativo, un alcance descriptivo y un diseño no experimental de tipo transversal. Se aplicaron técnicas de toma de muestras, análisis físico-químicos y prueba de jarras, y como instrumentos se utilizaron baldes de muestreo, papeles filtro, estufa de secado, butirómetros, centrífuga, pH-metro y fichas de registro. Los resultados evidenciaron que en 2019 se registraron 5535 ppm de SST, 1358 ppm de grasa, pH de 6,4 y un ratio de consumo de 216 kg/tm de harina; en 2020 se alcanzaron 4438 ppm de SST, 1525 ppm de grasa, pH de 6,5 y un ratio de 212 kg/tm de harina; mientras que en 2021 se obtuvo 6631 ppm de SST, 1588 ppm de grasa, pH de 6,1 y un ratio de 184 kg/tm de harina, lo cual redujo el costo de producción a 189 \$/tm de harina frente a los 237 \$/tm de años anteriores. La relevancia de este estudio radica en demostrar que la variación de las condiciones fisicoquímicas del agua de bombeo incide directamente en el consumo de insumos químicos y en los costos de producción,

aportando un marco teórico-práctico para optimizar el uso de coagulantes en la industria pesquera.

Caruajulca (2022), en su tesis titulada “Capacidad coagulante del cloruro férrico frente al coagulante sulfato férrico en las aguas residuales de una industria de alimentos, Santa María-Huaura”, planteó como objetivo principal determinar la eficiencia relativa de ambos coagulantes en la remoción de turbidez en aguas residuales industriales. El estudio siguió un método deductivo, con un enfoque cuantitativo, un alcance explicativo y un diseño cuasiexperimental, aplicando pruebas de jarras a nivel de laboratorio y validación en planta. Se emplearon técnicas de observación y experimentación controlada, con instrumentos como el turbidímetro-nefelómetro para medir NTU, registros de pH y dosificación en ppm de coagulantes. Los resultados evidenciaron que el cloruro férrico alcanzó una remoción de turbidez del 96,91 % a nivel de planta, mientras que el sulfato férrico obtuvo un 96,61 %, sin diferencias significativas estadísticas según la prueba t de Student ($p > 0,05$). La relevancia de este trabajo radica en que, valida la aplicabilidad de ambos coagulantes en la industria alimentaria, aportando criterios técnicos para la optimización de procesos de tratamiento de efluentes y reforzando la importancia de seleccionar coagulantes en función de la eficiencia, disponibilidad y costo.

Anaya et al. (2022), en su artículo titulado “Diseño de un sistema de tratamiento de aguas grises claras para reúso como agua de riego”, plantearon como objetivo principal proponer un diseño efectivo para el tratamiento y reutilización de aguas grises claras en entornos institucionales. La investigación se desarrolló con un método deductivo, un alcance explicativo y un diseño experimental a escala de laboratorio, en el que se caracterizó un caudal promedio de 26,12 L/h (2,00 m³/día) recolectado en servicios higiénicos universitarios. Se aplicaron técnicas de muestreo compuesto y análisis físico-químico, utilizando como instrumentos medidores de pH, conductividad, turbidez, además de análisis externos de DBO₅ y DQO. Los principales resultados indicaron valores iniciales de DQO de 163 mg/L y DBO₅ de 8 mg/L, con una relación DBO₅/DQO de 0,05 que descartó el tratamiento biológico y orientó hacia procesos físico-químicos; tras la filtración, la DQO se redujo a 18 mg/L, equivalente a una remoción del 89 %, cumpliendo con los ECA-Agua para riego. La relevancia de la presente investigación está enfocada en que demuestra la factibilidad de segregar y tratar in situ las aguas grises claras para fines de riego y otros usos no potables, aportando un modelo replicable que contribuye a la sostenibilidad hídrica y al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

2.1.3 Antecedentes locales

Hinostroza y Moscoso (2014), en su tesis titulada “Remoción de materia orgánica en un sistema biodiscos en el tratamiento de aguas residuales urbanas de los efluentes Las Vírgenes – Huancayo a nivel de laboratorio”, plantearon como objetivo evaluar la eficiencia del sistema de biodiscos para la reducción de la materia orgánica en aguas residuales domésticas sin tratamiento previo. La investigación se desarrolló mediante un método deductivo, con un alcance explicativo y un diseño experimental, en el que se realizaron ocho ensayos (cuatro tratamientos normales y una réplica), considerando como variables independientes la concentración de materia orgánica y el caudal transiente del afluente. Se aplicaron técnicas de caracterización físico-química y experimentación directa, empleando como instrumentos muestras compuestas de agua residual, medición de DBO₅, control de pH y temperatura, además de un reactor de biodiscos a escala piloto con discos de 4 rpm y flujo continuo. Los resultados evidenciaron que el experimento cuatro, tanto en su versión normal como en réplica, alcanzó una remoción de DBO₅ de 89,50 % y 92,40 %, respectivamente, bajo condiciones de mayor concentración orgánica y bajos caudales. La relevancia del estudio radica en demostrar que el uso de biodiscos constituye una alternativa tecnológica eficiente y viable para mejorar la calidad de los efluentes urbanos, aportando bases empíricas aplicables a la gestión ambiental en contextos urbanos con déficit de tratamiento de aguas residuales.

Alvarado y Rivera (2024), en su tesis titulada “Optimización de la recuperación de agua en los espesadores 6 y 7 FLSmidth de Minera Chinalco Perú”, tuvieron como objetivo principal optimizar el diseño de los espesadores empleados en la obtención de cobre, considerando parámetros como la velocidad de sedimentación, la densidad del relave, las dimensiones del tanque, el tipo de floculante y el mecanismo de levante. La investigación se desarrolló bajo un método deductivo, con un alcance explicativo y un diseño experimental aplicado, utilizando como metodología central el método Coe & Clevenger, complementado con datos obtenidos de la sala de control y sensores de espesadores, además de cálculos basados en literatura especializada y estudios previos. Se aplicaron técnicas de observación operativa y análisis de parámetros hidráulicos, con instrumentos como sensores de nivel, medidores de densidad y registros de control de caudal. Los principales resultados mostraron que la optimización permitió incrementar la recuperación de agua hasta 2400 m³ por mes, frente a los 1500 m³ por hora de los espesadores en condiciones actuales, lo que representa un aumento en la eficiencia de recuperación del 65 al 85 %. La relevancia del trabajo radica en que proporciona evidencia práctica sobre cómo el rediseño de espesadores contribuye a reducir el impacto ambiental asociado a los relaves y a mejorar la sostenibilidad económica y operativa en la minería de cobre.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Recuperación de agua clarificada

2.2.1.1 Definición

La recuperación de agua clarificada constituye una estrategia de recirculación interna que persigue dos propósitos simultáneos: conservar recursos hídricos y estabilizar las operaciones fisicoquímicas posteriores. Durante la clarificación, los sólidos suspendidos y las fracciones coloidales se concentran en la fase de lodos, mientras que el sobrenadante alcanza turbidez y conductividad controladas (Cornel, 2009).

Dichas condiciones homogéneas reducen la dosificación de coagulantes y floculantes, pues la carga de contaminantes por unidad de volumen se mantiene estable y previsible refiere que se consideran aguas residuales aquellas que provienen del uso abastecimiento, luego de haber tenido contacto o que han sufrido modificación por el uso de diferentes actividades domésticas, del uso de la industria y comunal (Cornel, 2009).

La recuperación interna, como la reutilización deliberada de un efluente clarificado sometido previamente a tratamientos físico químicos y biológicos adecuados para sustituir agua fresca en etapas posteriores, siempre que la corriente cumpla los requisitos operativos y sanitarios del proceso siguiente; esta práctica, basada en criterios de economía circular, reduce la demanda de recursos hídricos externos y estabiliza la respuesta del sistema de tratamiento (Angelakis, 2018).

2.2.1.2 Tipos de agua residual

Tabla 2. Tipos de agua residual.

Tipos de agua	Definición	Características
Agua residual doméstica	Originadas por las diferentes actividades en las viviendas, escuelas, etc.	Los contaminantes están presentes en moderadas concentraciones.
Agua residual municipal	Son transportados por el alcantarillado de una ciudad o población	Contiene materia orgánica, nutrientes y patógenos, etc.
Agua residual industrial	Las resultantes de las descargas de industrias	Su contenido depende del tipo de industria y/o procesos industriales.
Agua negra	Contiene orina y heces	Elevado contenido de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos farmacéuticos.
Agua amarilla	Es la orina transportada con o sin agua	Alto contenido de nutrientes, hormonas y alta concentración de sales.
Agua café	Agua con pequeña cantidad de heces	Alto contenido de nutrientes, patógenos, hormonas y residuos.

Agua gris	Provenientes de lavamanos, duchas, lavadoras	Tienen pocos nutrientes y agentes patógenos, por el contrario, presentan máxima carga de productos y detergentes.
-----------	--	---

2.2.1.3. Tratamiento

El tratamiento manifiesta que uno de las variables a considerar es la contaminación del agua, tomando en consideración el tipo de tratamiento químico, la característica física y los parámetros microbiológicos. Tal como lo señala Rodríguez, los aspectos contaminantes fundamentales que debemos considerar están la materia en suspensión, materia coloidal; por lo que debemos considerar que al efluente se le garantice las condiciones necesarias para utilizar dicho elemento (Metcalf, 2014).

La depuración de las sustancias sólidas presentes en el agua es importante a fin de prevenir que los agentes contaminantes presentes produzcan inconvenientes como: obstrucciones, abrasión de bombas, desgaste de diferentes materiales, etc., originando problemas técnicos y de costos en la empresa, por lo que es recomendable que el agua cumpla con la norma correspondiente (Metcalf, 2014).

2.2.1.4. Constitución de agua residual

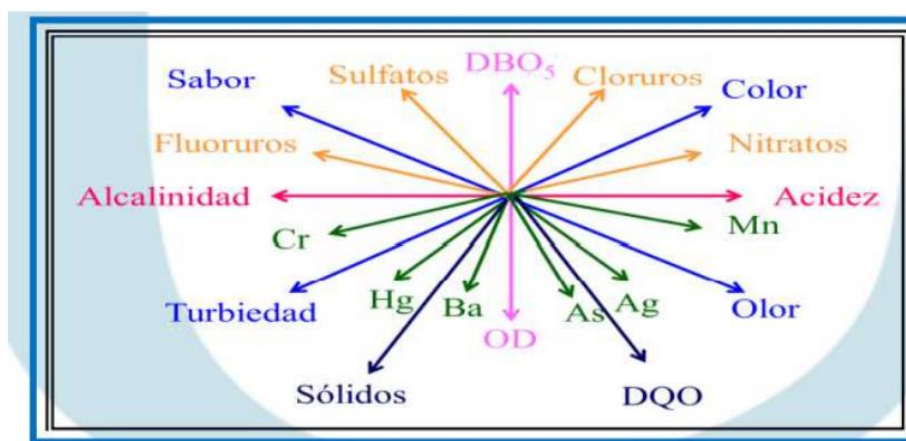


Figura 1. Constitución de agua residual.

2.2.1.5. Calidad

La calidad del agua clarificada se evalúa mediante parámetros físico-químicos que determinan su factibilidad de reutilización en procesos industriales. Los indicadores más relevantes son la demanda química de oxígeno (DQO), la turbidez, los sólidos suspendidos totales (SST), los sólidos suspendidos volátiles (SSV) y el contenido de grasas y aceites (GYA). Estos parámetros permiten identificar la presencia de materia orgánica, partículas coloidales y compuestos

oleosos que, de no ser removidos, afectan la eficiencia de las operaciones posteriores y la estabilidad del sistema (Rodríguez, 2022).

Rodríguez, Rodríguez y Burbano (2022) definen los siguientes parámetros operativos:

- Demanda Química de Oxígeno (DQO): mide la cantidad de materia orgánica susceptible de oxidarse; valores elevados limitan la reutilización del agua.
- Turbidez: indica la presencia de partículas coloidales; su reducción mejora la clarificación y facilita la coagulación.
- Sólidos Suspendidos Totales (SST): expresan la fracción de partículas en suspensión; afectan la calidad visual y operativa del efluente.
- Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV): relacionados con la materia orgánica biodegradable; su control es clave para la eficiencia del proceso.
- Grasas y Aceites (GYA): contaminantes comunes en efluentes agroindustriales; generan películas superficiales que interfieren en la aireación y en la estabilidad del sistema.

2.2.1.6. Infraestructura

La infraestructura de un sistema de recuperación de agua clarificada comprende el conjunto de instalaciones físicas y dispositivos que permiten conducir, almacenar, acondicionar y reutilizar el recurso hídrico. Su configuración responde a la necesidad de garantizar un tratamiento continuo y eficiente de los efluentes, de modo que el agua recirculada cumpla con las condiciones físico-químicas requeridas para su reincorporación a los procesos productivos. En este sentido, la infraestructura se diseña considerando la calidad del agua de entrada, evaluada a través de parámetros como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), la demanda química de oxígeno (DQO) y la concentración de nitrógeno total, indicadores que definen el nivel de carga contaminante y orientan la selección de tecnologías de acondicionamiento (Frías, 2025).

Dentro de esta infraestructura se incluyen componentes que cumplen funciones específicas en la línea de tratamiento. Entre los principales se encuentran la trampa de grasas, destinada a retener aceites y sólidos flotantes; los sistemas de filtración biológica, como biofiltros o lombrifiltros, que favorecen la remoción de materia orgánica; los equipos de flotación por aireación, que permiten separar partículas suspendidas; y los tanques de almacenamiento intermedio, donde el agua es retenida para su homogenización y posterior bombeo. Estos elementos se complementan con equipos auxiliares de agitación y conducción, los cuales aseguran la continuidad operativa y la eficiencia hidráulica del sistema (Cabrera, 2022).

a) Trampa de grasas

Este dispositivo constituye la primera barrera del sistema, pues retiene aceites y grasas que dificultan los procesos posteriores de clarificación. Su principio de funcionamiento se basa en la separación gravitacional de fases, aprovechando la menor densidad de los lípidos para que asciendan a la superficie. Se ha reportado que con tiempos de residencia cercanos a cinco minutos es posible obtener eficiencias de remoción superiores al 95 %, lo que convierte a la trampa de grasas en un mecanismo fundamental para reducir la carga contaminante inicial del efluente (Cabrera, 2022).

b) Biofiltro o lombrifiltro

El biofiltro constituye la etapa biológica del tratamiento. Se compone de capas sucesivas de grava, aserrín y lombrices rojas (*Eisenia foetida*), que favorecen la degradación de la materia orgánica disuelta. Su acción radica en la capacidad de la biomasa para consumir los residuos y transformarlos en compuestos más estables como humus. Esta tecnología destaca por su bajo costo de operación y por alcanzar remociones de DBO5 superiores al 85 %, con tiempos de retención de varias horas (Cabrera, 2022).

c) Sistema de flotación por aireación

La flotación por aireación es una técnica ampliamente utilizada para separar sólidos en suspensión, aceites y grasas en aguas residuales. Su principio consiste en generar burbujas que se adhieren a partículas hidrofóbicas, facilitando su ascenso y posterior remoción en la superficie. La eficiencia depende del tamaño de burbuja y de la velocidad superficial del gas, variables directamente asociadas al sistema de aeración empleado (Sazonov, 2023).

- Según Sazonov y Antonova, los principales tipos de sistemas de aireación son:
 - Neumático: utiliza difusores o aeradores porosos.
 - Tamaño de burbuja: $> 0,2$ mm.
 - Ventaja: bajo costo.
 - Limitación: eficiencia reducida en aguas con emulsiones aceitosas.
- Mecánico: genera burbujas mediante un impulsor rotatorio.
 - Tamaño de burbuja: 0,5 – 1,5 mm.
 - Uso: refinerías, petroquímicas, plantas de gas.
 - Limitación: mayor desgaste mecánico y costos de mantenimiento.

- Eyección (Venturi): el agua a alta velocidad succiona aire, formando burbujas.
 - Tamaño de burbuja: 250 – 500 μm .
 - Ventaja: no requiere compresor.
 - Limitación: calidad de purificación moderada; riesgo de incrustaciones.
- Dissolved Air Flotation (DAF): aire disuelto en agua a alta presión liberado en la celda.
 - Tamaño de burbuja: 10 – 100 μm .
 - Ventaja: alta eficiencia en sólidos y grasas.
 - Limitación: equipos de mayor costo y demanda energética.
- Electroflotación: genera burbujas de oxígeno e hidrógeno por electrólisis.
 - Tamaño de burbuja: 40 – 80 μm .
 - Ventaja: remueve contaminantes difíciles (metales pesados, emulsiones).
 - Limitación: altos costos energéticos y de electrodos.

Tabla 3. Sistemas de flotación por aireación.

Sistema	Tamaño de burbuja	Eficiencia relativa	Ventajas principales	Limitaciones principales
Neumático	> 0,2 mm	Media	Bajo costo, operación simple	Baja eficiencia en emulsiones
Mecánico	0,5 – 1,5 mm	Media	Ampliamente usado en industria pesada	Desgaste de impulsores, alto mantenimiento
Eyección (Venturi)	250 – 500 μm	Moderada	Sin compresor, costo energético bajo	Menor calidad de purificación, riesgo de incrustaciones
DAF	10 – 100 μm	Alta	Alta remoción de grasas y sólidos	Mayor costo y requerimientos energéticos
Electroflotación	40 – 80 μm	Muy alta	Elimina contaminantes difíciles	Alto consumo energético y mantenimiento

Adaptada de: Sazonov y Antonova (2024).

d) Tanques de almacenamiento y homogenización

Los tanques cumplen un doble propósito: permiten la acumulación del efluente tratado en cada etapa y aseguran la homogenización del caudal antes de pasar al siguiente proceso. Se construyen en materiales resistentes a la corrosión, como acero inoxidable, y su diseño

considera la presión y temperatura de operación, así como la necesidad de garantizar un suministro estable para la etapa siguiente (Cabrera, 2022).

e) Equipos auxiliares

El sistema se complementa con bombas sumergibles o rotodinámicas para el traslado de agua entre etapas, así como con agitadores mecánicos que aseguran una adecuada dispersión del aire y de los sólidos. Estos equipos permiten mantener el flujo continuo dentro del sistema y contribuyen a que la eficiencia de cada operación unitaria se mantenga dentro de los parámetros de diseño (Cabrera, 2022).

2.2.1.7. Disponibilidad de agua clarificada

La disponibilidad de agua clarificada se explica a partir de las condiciones de operación y de los parámetros hidráulicos que regulan el funcionamiento del sistema de tratamiento. La frecuencia de operación se entiende como la regularidad con que las unidades permanecen activas para atender la generación de efluentes, la cual depende de la continuidad de las descargas, la capacidad instalada y la necesidad de mantener la estabilidad del proceso. Este régimen de trabajo debe ajustarse al caudal de entrada y a la carga contaminante, de manera que se asegure la homogeneidad de los flujos, se eviten acumulaciones de contaminantes y se optimicen parámetros como la DBO, la DQO y los sólidos en suspensión, garantizando que los efluentes tratados cumplan con los estándares de calidad establecidos (García, 2022).

Asimismo, la capacidad hidráulica del sistema se define como la relación entre el volumen efectivo de la unidad de tratamiento y el caudal de ingreso del efluente, lo que permite calcular el tiempo de retención hidráulica (TRH). Este tiempo corresponde al período promedio en que el agua permanece dentro de la unidad y constituye un indicador clave de eficiencia, ya que regula la interacción entre la carga contaminante y la biomasa responsable de su degradación. Un mayor TRH favorece la oxidación de materia orgánica y la reducción de microorganismos, mientras que un tiempo insuficiente limita la capacidad depuradora y puede generar descargas fuera de los límites máximos permisibles. La expresión general de cálculo se representa como (Alegre, 2024).

$$TRH = \frac{\text{volumen efectivo del reactor o unidad de tratamiento}}{\text{caudal de ingreso del efluente}} \quad (1)$$

El N° de días de operación se entiende como la duración establecida para los distintos períodos productivos de una planta, expresada en días, y corresponde al tiempo efectivo en que las instalaciones permanecen en funcionamiento continuo según el calendario operativo definido. Este indicador se utiliza en los modelos de optimización para determinar la combinación más rentable de etapas de operación, asegurando la continuidad productiva y la sostenibilidad económica del complejo industrial (Mulet, 2023).

2.2.2 Consumo de insumos químicos

2.2.2.1 Definición

Se define como el gasto de coagulantes y floculantes en sistemas de clarificación industrial obedece a una interacción compleja entre calidad del afluente, dosificación aplicada y condiciones hidrodinámicas del proceso. En términos generales, el consumo se explica por la necesidad de neutralizar cargas superficiales y aglomerar partículas coloidales hasta lograr sólidos sedimentables. Factores como el pH, la temperatura y la presencia de materia orgánica condicionan la eficiencia de los reactivos; por ello, pequeñas desviaciones en la composición del agua exigen incrementos en la dosis para mantener los objetivos de remoción. (Metcalf, 2014).

2.2.1.2. Características

Cuando se tratan de partículas muy pequeñas alrededor de 10^{-6} a 10^{-9} μm . son consideradas coloides, por lo que es necesario la remoción mediante reactivos químicos que desestabilicen la suspensión coloidal y posteriormente favorezcan la floculación. El proceso por el cual en estas partículas se produce una desestabilización eléctrica se entiende como coagulación requiriendo para ello adición de sustancias químicas llamadas coagulantes, requiriéndose una mezcla rápida para homogenizar los coagulantes en el menor tiempo (Metcalf, 2014).

2.2.1.3. Coagulantes en el tratamiento

Al procesar harina y aceite de pescado se usan equipos para desalar agua. Un uso principal es durante la cosecha. La materia prima se transporta en primer lugar desde la alta mar y posteriormente se balsa. Después de ser usada, esta agua requiere ser desalada y tratada para ser devuelta al mar.

Tratamiento previo: involucra la separación y/o eliminación de objetos de gran masa para evitar que entren en los sistemas de tratamiento subsiguientes. Los tratamientos comunes incluyen: cribado grueso, tamizado, desarenado, eliminación de grasas y aceites (Aguilar, 2023).

Tratamiento primario: se enfocan en la extracción y separación de los elementos en suspensión que no hayan sido eliminados en tratamientos anteriores. Existen: Coagulación, Floculación, Sedimentación (Aguilar, 2023).

Tratamiento secundario: este tipo de tratamiento biológico se fundamenta en las acciones de los microorganismos que van eliminando la materia orgánica en estado de disolución (34).

a) Sulfato férrico (kg):

El sulfato férrico es una sal férrica inorgánica de fuerte carácter oxidante, utilizada como coagulante en el tratamiento de aguas residuales e industriales. Su principal función es desestabilizar cargas de partículas coloidales y favorecer su aglomeración en el proceso de clarificación. También contribuye a la reducción de fósforo y la eliminación de sólidos suspendidos (Aguilar, 2023).

- Importancia en el tratamiento: este reactivo actúa mediante reacciones de hidrólisis que generan hidróxidos férricos, los cuales atrapan impurezas y favorecen su sedimentación. Es efectivo en un amplio rango de pH (3.5–6.5) y suele tener mejor desempeño que el sulfato de aluminio en aguas con alta carga orgánica (Aguilar, 2023).

b) Polychem 8420:

Es un polímero catiónico sintético de alto peso molecular, desarrollado para actuar como floculante en procesos de separación sólido-líquido. Su función es reunir las microfloculaciones generadas por la coagulación, formando flóculos de mayor tamaño que sedimentan con mayor rapidez (Aguilar, 2023).

- Importancia en el tratamiento: al tratarse de un polielectrolito catiónico, mejora la eficiencia de separación, reduce los tiempos de sedimentación y optimiza el volumen de lodos. Se utiliza ampliamente en sistemas de tratamiento con altas cargas de sólidos o en clarificadores de gran capacidad (Aguilar, 2023).

c) Polychem 8750 (kg):

Polychem 8750 es un floculante sintético de tipo aniónico o no iónico (según formulación), con peso molecular muy alto y gran capacidad de reticulación. Está diseñado para mejorar el rendimiento en condiciones operativas complejas, como altos niveles de turbidez o sólidos finos (Aguilar, 2023).

- Importancia en el tratamiento: este producto permite consolidar flóculos estables, especialmente cuando se manejan efluentes de alta variabilidad, reforzando la eficiencia de clarificación. Su uso controlado puede disminuir el consumo total de coagulantes y minimizar la producción de lodos secundarios (Aguilar, 2023)

2.2.1.4. Parámetros de caracterización de los efluentes

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): refleja el contenido de oxígeno disuelto que necesita, en condiciones aeróbicas, una muestra de agua residual y materia orgánica para estabilizarse en un tiempo y temperatura determinadas. El DBO también es un parámetro que caracteriza el volumen de materia orgánica que puede ser degradada biológicamente en una muestra de agua y el número de microorganismos que habitan en esa agua (Monterroso, 2011).
- Demanda Química de Oxígeno (DQO): se indica como la cantidad de oxígeno (en mg/l) consumido en la oxidación de las sustancias reductoras que hay en una muestra de agua. Permite medir el grado de contaminación y la calidad de agua en base a la materia orgánica que se encuentra en las muestras de aguas residuales (Monterroso, 2011).

2.2.1.5. Eficiencia operativa

La eficiencia operativa es la relación entre los resultados alcanzados (efluente tratado que cumple los límites de vertimiento y/o agua clarificada recuperada) y los recursos efectivamente utilizados, medidos aquí como consumo específico de insumos químicos para lograr ese resultado. En términos prácticos, se evalúa minimizando el consumo de coagulantes, floculantes y otros reactivos por unidad de carga tratada o por volumen efectivamente clarificado, manteniendo el cumplimiento normativo. Esta noción se alinea con la definición de eficiencia adoptada en la literatura técnica y aplicada en estudios de tratamiento de residuos industriales, donde la eficiencia se operacionaliza con indicadores de consumo de reactivos normalizados a la carga/volumen tratado (Sánchez, 2022).

2.3 Definición de términos básicos

- Recuperación de agua clarificada: relacionado con la variable independiente del estudio, es esencial para entender el proceso industrial que se está analizando (Cornel, 2009).
- Consumo de insumos químicos: define la variable dependiente del estudio y es clave para medir el impacto del sistema de tratamiento en el uso de químicos.

- Efluentes: son los líquidos residuales generados en el proceso industrial que son tratados en el sistema de recuperación de agua clarificada (Metcalf, 2014).
- Coagulantes: elementos clave utilizados en el tratamiento de agua para desestabilizar partículas coloidales, un aspecto técnico importante de los procesos de clarificación (Metcalf, 2014).
- Floculación: es un proceso esencial en el tratamiento de agua residual, involucrando la aglomeración de partículas para su posterior eliminación (Cornel, 2009).
- Sulfato férrico: un reactivo específico utilizado en el tratamiento de aguas residuales, especialmente relevante para la floculación y la clarificación.
- Polychem 8420: un floculante utilizado en el proceso de clarificación, específicamente destacado en el tratamiento de aguas residuales de la planta industrial (Aguilar, 2023).
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): parámetro utilizado para medir la cantidad de oxígeno necesario para la descomposición de materia orgánica en las aguas residuales (Monterroso, 2011).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Método y alcance de la investigación

3.1.1 Método de la investigación

En el presente estudio adoptó un esquema deductivo, partiendo de los principios de la física del sedimentador y de la estequiometría de coagulación floculación para proyectar cómo la recirculación del agua clarificada reducirá la dosis de reactivos en la planta de Austral Group S.A.A. Este camino lógico permitirá anticipar, antes de los ensayos piloto, la magnitud del ahorro químico y sus repercusiones económicas. Se elegirá dicho enfoque porque favorecerá la formulación de hipótesis cuantificables y facilitará contrastarlas con datos reales, incrementando la solidez y la trazabilidad de las conclusiones finales.

El enfoque deductivo se fundamenta en derivar proposiciones específicas a partir de premisas universales sólidamente establecidas; su lógica avanza de lo general a lo particular, sometiendo los enunciados obtenidos a contraste empírico para confirmar o refutar la validez inicial. De este modo, asegura coherencia interna y rigor argumentativo en la construcción del conocimiento científico (Medina, 2023).

3.1.2 Alcance de la investigación

El presente estudio adoptó un alcance explicativo. Se busca estimar y explicar el efecto de la recuperación de agua clarificada sobre el consumo específico de insumos químicos durante el tratamiento de efluentes en la planta industrial. El análisis trasciende la descripción y contrasta hipótesis direccionales por insumo mediante técnicas inferenciales y modelos que incorporan covariables operativas pertinentes como caudal, pH, sólidos suspendidos totales del influente, aceites y grasas y tiempo de retención hidráulica. El objetivo es cuantificar la magnitud del efecto y su significancia estadística en el contexto operativo del periodo de estudio.

El alcance explicativo se orienta a responder por las causas de los fenómenos, explica por qué ocurren y en qué condiciones se manifiestan, o por qué se relacionan dos o más variables (Ramos, 2020).

3.2 Diseño de investigación

3.2.1 Diseño

Se adopta un diseño preexperimental de un solo grupo con medición antes y después. La intervención corresponde a la implementación u optimización del circuito de recuperación de agua clarificada en la operación, y las mediciones se realizan sobre la misma unidad operativa en periodos preintervención y postintervención. Las variables de resultado son los consumos específicos de sulfato férrico, Polychem 8420 y Polychem 8750, y la variable explicativa principal es el agua clarificada. No se cuenta con grupo control ni asignación aleatoria. Para mitigar amenazas a la validez interna se aplica control estadístico de covariables y evaluación de tendencias temporales, de modo que la comparación pre y post atribuya con mayor precisión los cambios observados a la intervención.

Un diseño preexperimental es un diseño con mínimo control en el que el mismo grupo se mide antes y después de una intervención, sin aleatorización ni grupo control; útil como aproximación inicial, pero expuesto a amenazas a la validez interna (Arias, 2021).

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

Según Ventura (2017), la población se concibe como el conjunto de elementos que comparten características comunes y sobre los cuales se desea obtener información, diferenciándose de la muestra porque abarca la totalidad de casos considerados en la investigación (39). En el presente estudio, la población está constituida por 38 registros de volumen de agua clarificada generados por la separadora ambiental de la planta industrial Austral Group S.A.A. durante el periodo de análisis. Dichos registros corresponden a un flujo con potencial de reutilización, dado que conserva remanentes de coagulantes y floculantes dosificados en etapas previas. Definir la población en esta corriente específica permite disponer de un marco de observación completo que posibilita cuantificar su disponibilidad y analizar su incidencia en la reducción del consumo de insumos químicos, orientando la optimización operativa y la disminución de costos en el proceso de tratamiento de efluentes.

3.3.2 Muestra

Ventura (2017) sostiene que la muestra corresponde a un subconjunto de la población, conformado por unidades de análisis seleccionadas mediante un procedimiento específico que permite generalizar los resultados al total de la población. En este estudio, la muestra fue de

carácter probabilístico, lo que asegura que todos los elementos de la población tuvieran la misma posibilidad de ser elegidos, reforzando la validez de los hallazgos por lo que se calculó la muestra.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q} \quad (2)$$

Donde:

n = Tamaño de muestra buscado

N = Tamaño de la Población o Universo

Z = Parámetro estadístico que depende el Nivel de Confianza (NC)

e = Error de estimación máximo aceptado

p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado (éxito)

$q = (1-p)$ = Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado

$$n = \frac{38 * 1.96_{\alpha}^2 * 0.5 * 0.5}{0.05^2 * (38 - 1) + 1.96_{\alpha}^2 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 35 \text{ registros}$$

La muestra quedó conformada por 35 registros, que corresponden a los volúmenes diarios de agua clarificada efectivamente recuperada y recirculada desde la separadora ambiental durante los días de funcionamiento evaluados, además de los datos operativos de consumo de sulfato férrico, Polychem 8420 y Polychem 8750 vinculados a dicha recirculación. La elección de este conjunto de datos se justifica porque permite observar de manera directa el efecto de la reutilización del agua clarificada sobre la dosificación de insumos químicos, manteniendo la representatividad del flujo dentro de la dinámica real del sistema.

3.4 Técnica e instrumentos

3.4.1 Técnica

La investigación utiliza análisis documental como técnica principal. Se trabaja únicamente con fuentes internas de la planta: reportes de laboratorio, hojas de dosificación de químicos, registros de operación y mantenimiento, bitácoras del circuito de agua clarificada, balances de caudal y partes de producción del periodo de estudio. La selección de documentos se basa en tres criterios: pertenencia a los periodos pre y post intervención definidos por el diseño preexperimental, integridad de campos (fecha, responsable, unidades y magnitudes) y coherencia de unidades. El procedimiento consiste en localizar y registrar cada documento,

contrastar su validez formal, extraer los datos mediante la guía de análisis, depurar rangos y unidades, resolver inconsistencias y consolidar una base maestra con trazabilidad a la fuente. Los registros sin respaldo claro o con unidades no compatibles se excluyen.

3.4.2 Instrumentos

El instrumento es una guía de análisis documental diseñada para estandarizar la extracción de información. La guía recoge, para cada registro, la identificación del documento y fecha, el consumo específico de sulfato férrico, Polychem 8420 y Polychem 8750 en kg/m³, la recuperación de agua clarificada en porcentaje y las covariables operativas disponibles (caudal, pH, sólidos suspendidos totales del influente, aceites y grasas y tiempo de retención hidráulica). Cada campo incluye definición operacional, unidad y regla de cálculo cuando corresponde (por ejemplo, consumo específico = kg de insumo/volumen tratado; recuperación = volumen retornado/volumen bombeado × 100). La validez de contenido se asegura mediante revisión por expertos y ajuste de la guía con una prueba piloto sobre un subconjunto de documentos para verificar reproducibilidad entre evaluadores. La versión final queda fijada antes del levantamiento completo y toda modificación posterior se registra en una bitácora de cambios.

3.5 Aspectos éticos

Con la previa anuencia escrita de Austral Group S.A.A., el proyecto examinó únicamente bitácoras operativas y lecturas de proceso, evitando alterar la rutina de la separadora ambiental y, por ende, eliminando cualquier riesgo añadido para el personal o el ecosistema. Los archivos históricos se encriptaron y se rotularon con códigos neutros, de modo que ningún proceso sensible pudiera ser identificado por terceros.

El equipo investigador actuó bajo los principios de veracidad y confidencialidad: los datos se almacenaron en servidores de acceso restringido y cada avance metodológico se documentó con trazabilidad completa. No se presentaron conflictos de interés, y los hallazgos se redactarán con transparencia, cuidando que los resultados no sean magnificados ni ocultados. De esta forma, se garantiza el respeto a la integridad científica y el cumplimiento de las normas éticas nacionales e internacionales vigentes.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Diagnostico situacional

4.1.1 Contexto operativo y definición del problema

Entre enero y noviembre de 2022, la planta trató caudales y cargas variables propias del proceso. Durante ese periodo no se recuperaba agua clarificada para reúso interno, por lo que el circuito operaba sin retorno a operaciones auxiliares. La dosificación de coagulante y floculantes se realizaba íntegramente sobre agua fresca de proceso, condicionando el consumo específico y la dispersión de resultados.

Tabla 4. Contexto operativo preintervención (ene-nov 2022).

Variable	Unidad	Media	Mín-Máx	CV (%)
Caudal de influente	m ³ /h	80	50–115	26
Volumen tratado	m ³ /d	1 900	1 100–2 500	22
pH influente	—	6,5	6,1–7,0	4
SST influente	mg/L	600	350–950	30
Aceites y grasas (AG)	mg/L	130	65–220	32
TRH coag–floc–clarif.	h	1,5	1,1–2,0	19
Turbidez de clarificada (descarga)	NTU	65	38–120	34
Recuperación de agua clarificada	%	0,0	0,0–0,0	0

En estas condiciones, los consumos específicos de químicos se sostuvieron en niveles elevados y con variabilidad apreciable, reflejando el uso de agua fresca sin aporte de clarificada con remanentes de coagulante/floculante.

Tabla 5. Indicadores diagnósticos del problema (ene-nov 2022).

Indicador	Unidad	Media	P25–P75	Mín–Máx	CV (%)
Recuperación de agua clarificada	%	0.0	0.0 – 0.0	0.0 – 0.0	0
Consumo esp. sulfato férrico	kg/m ³	0.260	0.23 – 0.29	0.18 – 0.34	19
Consumo esp. Polychem 8420	kg/m ³	0.0083	0.0069 – 0.0098	0.005 – 0.0115	24
Consumo esp. Polychem 8750	kg/m ³	0.0058	0.0046 – 0.0068	0.0038 – 0.0087	27

En la etapa preintervención la ausencia de recuperación de agua clarificada (%Rec=0) se asocia con consumos específicos altos y variables de coagulante y floculantes. Esta situación incrementa el requerimiento químico por m³ tratado y presiona los costos operativos. El problema se define como la necesidad de reducir el consumo específico de sulfato férrico, Polychem 8420 y Polychem 8750 mediante la implementación del reúso de agua clarificada y la estabilización de su recuperación, manteniendo condiciones de calidad del retorno compatibles con su uso interno.

4.1.2 Análisis causa – efecto

Durante el periodo enero a noviembre de 2022 se clasificaron, turno por turno, las incidencias que obligaron a incrementar la dosificación de coagulante y floculantes. Para ello, se empleó una unidad homogénea de conteo, un evento por cada incidencia registrada, y definiciones operativas verificables a partir de documentos internos: acidez o alcalinidad del agua de entrada fuera del rango operativo establecido por la planta; desajustes de los equipos dosificadores detectados en las verificaciones de rutina; incrementos inusuales de la carga de sólidos suspendidos y de aceites y grasas en el afluente; deficiencias en la etapa de mezcla rápida por fallas o desempeño insuficiente de los agitadores; discrepancias en la medición de caudal por deriva del instrumento; uso de pautas de dosificación no actualizadas por ausencia de un reciente ensayo de jarras; omisiones en la lectura y registro de la turbidez de control; y demoras de abastecimiento o cambios de lote de productos químicos que forzaron ajustes de último momento. Las fuentes de verificación fueron las bitácoras de operación y mantenimiento, los reportes de laboratorio, el plan de calibraciones y los registros del sistema de supervisión y control. Con este criterio único se contabilizaron los eventos del periodo y se obtuvo una distribución comparable entre causas, que servirá como base para la priorización en el diagrama de Pareto.

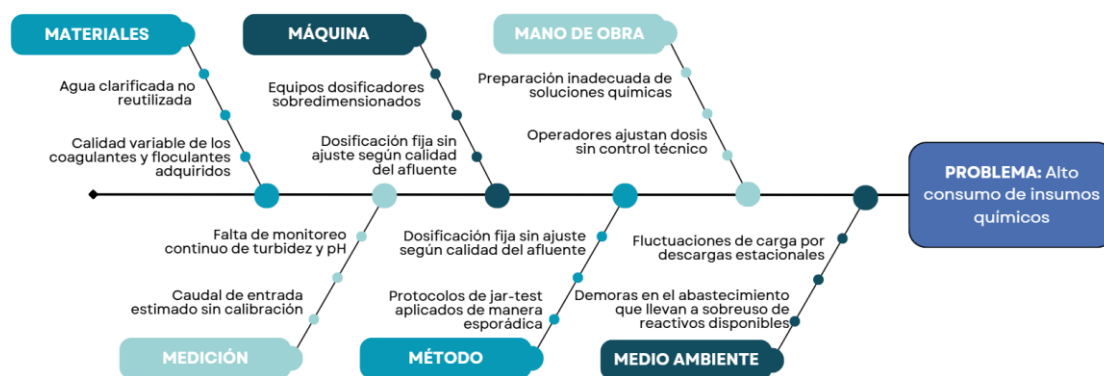


Figura 2. Diagrama de Ishikawa.

El diagrama de Ishikawa permitió identificar que el alto consumo de insumos químicos en la planta se originaba principalmente en la ausencia de un sistema de recirculación del agua clarificada, lo que generaba un desaprovechamiento de los reactivos residuales. A esto se sumaba la práctica de aplicar dosis fijas de coagulantes sin ajustar a la calidad real del afluente y la falta de un monitoreo continuo de parámetros críticos como turbidez y pH, lo cual limitaba la capacidad de optimizar la dosificación. De manera complementaria, se identificaron causas secundarias vinculadas al manejo operativo, como la preparación inadecuada de soluciones químicas y la toma de decisiones basadas en la experiencia de los operadores más que en controles técnicos, así como factores externos como la variabilidad en la calidad de los insumos químicos y las fluctuaciones de la carga contaminante.

4.1.3 Priorización de problemas

Con las mismas definiciones operativas utilizadas en el análisis causa-efecto, se ordenaron todas las incidencias registradas entre enero y noviembre de 2022, según su frecuencia, manteniendo una única unidad de conteo: un evento por cada vez que la condición aparece durante el turno. Este ordenamiento permite observar, de mayor a menor ocurrencia, qué factores explican la mayor parte del sobreconsumo de coagulante y floculantes. A partir del recuento se construyó el acumulado y su porcentaje acumulado, de modo que sea posible identificar el punto de corte en el que se concentran los esfuerzos de mejora. El criterio práctico es claro: actuar primero sobre las pocas causas que concentran la mayor parte de los eventos y, por tanto, del problema.

Tabla 6. Pareto de causas.

Causa	Cant.	Acum.	% Acum.
Agua clarificada no reutilizada	60	60	30.00%
Dosificación fija sin ajuste según calidad del afluente	50	110	55.00%
Falta de monitoreo continuo de turbidez y pH	30	140	70.00%
Protocolos de jar-test aplicados de manera esporádica	20	160	80.00%
Equipos dosificadores sobredimensionados	15	175	87.50%
Preparación inadecuada de soluciones químicas	10	185	92.50%
Operadores ajustan dosis por experiencia	8	193	96.50%
Calidad variable de los coagulantes y floculantes	5	198	99.00%
Fluctuaciones de carga por descargas estacionales	1	199	99.50%
Demoras en el abastecimiento de químicos	1	200	100.00%

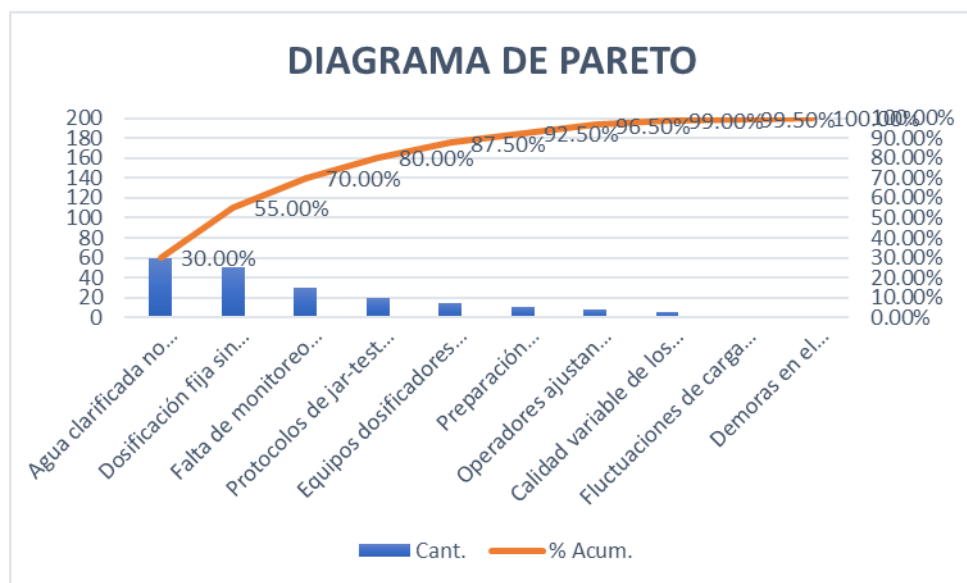


Figura 3. Diagrama de Pareto.

El diagrama de Pareto muestra que las causas más significativas del problema son la no reutilización del agua clarificada (30 %), la dosificación fija sin ajuste al afluente (25 %) y la falta de monitoreo continuo de turbidez y pH (15 %). En conjunto, estas tres explican el 70 % del consumo elevado de insumos químicos, lo que evidencia que la mayor parte del problema estaba concentrada en la carencia de un esquema de recirculación y en la ausencia de controles dinámicos para dosificar en función de la calidad del agua. El resto de causas, como la aplicación esporádica de jar-tests, el sobredimensionamiento de equipos dosificadores y los errores en la preparación de soluciones, representan incidencias menores, aunque complementan la explicación del fenómeno. Estos hallazgos justifican que la intervención priorizada fuera la implementación de la recirculación del agua clarificada como medida central para reducir el uso de químicos.

Además de atender las causas prioritarias, la reutilización interna de agua clarificada se plantea como una alternativa directa para reducir el consumo de coagulante y floculantes: el retorno ingresa con menor carga y con remanentes útiles de reactivos, lo que disminuye la dosis marginal necesaria en la coagulación y la floculación. Esta práctica, al estabilizar la calidad de alimentación del proceso, ayuda a contener la variabilidad que hoy impulsa sobredosificación, reduce la dependencia de agua fresca, baja costos operativos asociados a químicos y limita la generación de lodos. En conjunto, el reúso se alinea con la mejora del desempeño del tratamiento y con la eficiencia de recursos, por lo que la intervención propuesta constituye una vía técnica viable para corregir el patrón de sobreconsumo identificado.

4.1.4 Costos por el reúso de agua clarificada

Se caracteriza el costo operativo del proceso en su configuración actual (sin reutilización de agua clarificada) para el mismo periodo de referencia de treinta y cinco días y un volumen tratado de 5 814 metros cúbicos. La valoración integra el uso de insumos químicos por unidad de volumen y la energía eléctrica requerida por los equipos.

Tabla 7. Uso actual de los insumos químicos.

Insumo	Consumo por m ³	Volumen (m ³)	Precio unitario (S/.)	Costo actual (S/.)
Sulfato férrico	1.18 kg/m ³	5 814	3.24 por kg	22,228.08
Polychem 8420	0.31 kg/m ³	5 814	1.95 por kg	3,514.56
Polychem 8750	0.054 kg/m ³	5 814	21.50 por kg	6,750.05
Total químicos				32,492.69

El coagulante a base de hierro concentra la mayor participación del gasto químico, seguido por los floculantes. Las cantidades unitarias reflejan el requerimiento del proceso cuando se alimenta con agua de proceso sin aporte de corriente clarificada.

Tabla 8. Potencia y demanda eléctrica actual de los equipos.

Nº	Descripción del equipo	Potencia (kW)	Máxima demanda individual (kW)	Costo kW (S/.)
1	Tromel N°1	3.75	3.56	1.25
2	Tromel N°2	3.75	3.56	1.25
3	Tromel N°3	3.75	3.56	1.25
4	Tromel N°4	3.75	3.56	1.25
5	Bomba de sólidos Tromel N°1	7.5	7.12	2.5
6	Bomba de sólidos Tromel N°2	11.25	10.69	3.75
7	Bomba agua bombeo DAF 618 N°1	56.25	53.44	18.73
8	Bomba agua bombeo DAF 618 N°2	75	71.25	24.98
9	Bomba celda DAF 01 / Aire Presurizado	56.25	53.44	18.73
10	Bomba celda DAF 02 / Aire Presurizado	56.25	53.44	18.73
11	Paleta skimmer DAF 01	3.75	3.56	1.25
12	Paleta skimmer DAF 02	3.75	3.56	1.25
13	Separadora ambiental	37.5	35.62	12.5
14	Celda Nijhuis a Permastore	56.25	53.44	18.73
Total de demanda acumulada			359.8	125.4

Para el volumen tratado, los equipos necesitan operar veintiocho horas efectivas. Con la demanda acumulada mostrada, el consumo eléctrico del periodo asciende a 10 074.40 kilovatios-hora y su valorización se detalla a continuación.

Tabla 9. Uso actual de energía eléctrica.

Parámetro	Valor
Demanda acumulada	359.80 kW
Horas de operación	28 h
Energía consumida	10,074.40 kWh
Costo unitario de energía	S/. 0.37 por kWh
Costo actual de energía	S/. 3,727.53

Tabla 10. Resumen económico del proceso actual.

Componente	Costo actual (S/.)
Total insumos químicos	31,454.90
Energía eléctrica	3,727.53
Total proceso actual	35,182.43

La evaluación del proceso actual confirma que el costo está dominado por la dosificación de insumos químicos, con un aporte complementario de la energía eléctrica del tren de equipos. Esta caracterización constituye la línea base económica contra la cual se contrastarán, en las secciones siguientes, los resultados de incorporar la reutilización de agua clarificada.

4.1.5 Síntesis del diagnóstico actual

Durante el periodo analizado la planta operó sin recuperación de agua clarificada, alimentando el tratamiento únicamente con agua de proceso. En esas condiciones, la dosificación de coagulante y floculantes se sostuvo en niveles altos y con dispersión apreciable entre turnos, reflejo de las variaciones en el caudal de entrada y en la calidad del afluente. La ausencia de una corriente interna de retorno con menor carga, y con remanentes útiles de reactivos, limitó cualquier amortiguamiento natural frente a esos cambios, de modo que cada nueva tanda exigió dosificación completa. Esta pauta se tradujo en consumos específicos elevados por unidad de volumen tratado y en una sensibilidad operativa mayor ante pequeñas desviaciones de las condiciones de alimentación.

El análisis causa-efecto permitió ordenar las incidencias que empujan al sobreconsumo químico. Sobresalen, por su frecuencia e impacto, las desviaciones en la acidez o alcalinidad del agua de entrada respecto del rango operativo, los desajustes de los equipos dosificadores,

los incrementos súbitos de la carga de sólidos suspendidos y de aceites y grasas en el afluente, y las deficiencias en la etapa de mezcla rápida. A estos factores se suma la medición de caudal con error, que distorsiona la base sobre la cual se calcula la dosificación. En conjunto, estas condiciones explican la mayor parte de los eventos registrados y dibujan una ruta de trabajo concreta: asegurar el estado químico del afluente, fortalecer la metrología de equipos e instrumentos, y garantizar la energía de mezcla requerida para una formación de flóculos efectiva.

La priorización mediante el diagrama de Pareto confirmó un patrón concentrado: un grupo reducido de causas reúne la mayoría de las ocurrencias y, por tanto, del problema. Actuar primero sobre ese núcleo ofrece el mayor retorno técnico con el menor esfuerzo organizativo, al atacar las fuentes que con más frecuencia obligan a corregir dosis al alza. El uso disciplinado de lecturas de control, la actualización oportuna de pautas de dosificación, y la coordinación de abastecimiento para evitar ajustes de emergencia complementan ese frente principal y reducen la variabilidad entre turnos.

Desde el punto de vista económico, el proceso actual se caracteriza por una participación dominante del gasto en insumos químicos, mientras que la energía eléctrica del tren de equipos aporta una fracción menor. Esta composición es coherente con la evidencia operativa: al no contar con una corriente de agua clarificada que atenúe la carga y aporte reactivos remanentes, la planta recurre a dosificaciones íntegras en cada ciclo, con el consiguiente efecto en el costo. La lectura conjunta refuerza la pertinencia de intervenir sobre las causas que provocan sobredosificación y de incorporar el reúso interno de agua clarificada como medida de mejora del desempeño y de la eficiencia de recursos.

En síntesis, el diagnóstico establece una línea base clara: condiciones de entrada variables, consumo específico de reactivos elevado y un conjunto acotado de causas recurrentes que explican la mayor parte de los desvíos. La hoja de ruta resulta nítida: control del estado químico y de la carga del afluente, aseguramiento metrológico de dosificación y caudal, garantía de condiciones de mezcla y puesta en marcha del circuito de reutilización con seguimiento de calidad. Sobre esta base se evaluarán, en los apartados siguientes, los cambios técnicos y económicos derivados de las acciones propuestas

4.2 Recuperación de agua clarificada

4.2.1 Caracterización del sistema

El tratamiento de los efluentes industriales en la planta contempla una secuencia técnica progresiva cuyo objetivo es la recuperación de subproductos sólidos, aceites y agua tratada. Este sistema incluye diversos subsistemas especializados que interactúan para alcanzar eficiencia operativa y cumplimiento normativo en el vertimiento de aguas residuales. En este marco, el presente estudio delimita su alcance exclusivamente al subsistema de recuperación de agua clarificada generada en la etapa de deshidratación del lodo, específicamente en la unidad separadora ambiental. Esta focalización responde a la evidencia técnica que indica que es en esta unidad donde se produce un volumen significativo de agua tratada que presenta condiciones aptas para ser reutilizada, pero que actualmente es desechada sin aprovechamiento operativo, lo cual genera un sobreconsumo de insumos químicos y agua potable fresca.

La operación general se inicia con la activación de los equipos primarios: bombas de captación, calentadores y tamices rotatorios (trommel) que remueven sólidos gruesos (1 mm y 0.3 mm), para luego direccionar el flujo hacia unidades de flotación por aire disuelto (celdas DAF 614 y 618) donde se separan aceites y grasas. Posteriormente, el agua es almacenada en un tanque ecualizador, homogeneizada, y enviada a la celda química, donde se dosifican coagulantes y floculantes que permiten la formación de flóculos densos. Este efluente enriquecido con lodos hidratados es el insumo que alimenta la separadora ambiental, núcleo funcional del sistema de recuperación que se analiza.

En detalle, el sistema físico instalado que interviene directamente en la generación y potencial recuperación del agua clarificada está compuesto por los siguientes componentes técnicos:

- Separadora ambiental (modelo NOXON): equipo principal encargado de la deshidratación del lodo proveniente de la celda química. Este equipo utiliza fuerza centrífuga, filtración mecánica o prensado (según diseño) para separar el contenido sólido del líquido residual. El agua clarificada resultante, que mantiene trazas de insumos químicos, constituye el objeto de recuperación.
- Tanques de almacenamiento y ecualización: estructuras que permiten almacenar temporalmente el lodo antes de su ingreso a la separadora, facilitando la regulación del caudal y la homogeneización de las características físico-químicas del fluido.
- Sistema de dosificación química: conjunto de bombas dosificadoras y tanques de preparación para coagulantes (como el sulfato férrico) y floculantes (Polychem 8420 y

Polychem 8750), que son incorporados antes de la entrada del lodo a la separadora, optimizando la aglomeración de partículas sólidas.

- Bombas de impulsión y válvulas de control: dispositivos que aseguran el transporte continuo del lodo y del agua clarificada entre los distintos componentes del sistema. Estas bombas están calibradas para manejar caudales específicos sin alterar la estructura de los flóculos generados.
- Líneas de retorno y conexión hidráulica al sistema de dilución: tuberías de acero inoxidable o PVC industrial que canalizan el agua clarificada hacia reservorios o directamente hacia el área donde se preparan nuevas soluciones químicas, permitiendo su reutilización como agua de dilución en un nuevo ciclo de tratamiento.

Los elementos clave que permiten la recirculación del agua clarificada se integran tanto desde el diseño físico como desde la lógica operativa del sistema, destacándose:

- Punto de captación de agua clarificada: ubicado estratégicamente en la salida del sistema de separación sólida-líquida, donde el agua presenta ya una carga reducida de sólidos y concentra parte residual de los reactivos utilizados.
- Interconexión con el sistema de formulación química: mediante una línea de retorno, el agua clarificada es conducida al área donde se diluyen los insumos químicos, reduciendo el requerimiento de agua potable y aprovechando las trazas de coagulantes/floculantes presentes.
- Sistema de medición y control de flujo: conformado por caudalímetros electromagnéticos y registros operativos que permiten cuantificar el volumen de agua clarificada generada, reutilizada y desechada. Esta información es clave para establecer los indicadores de eficiencia del sistema.
- Condiciones físicas del fluido: el agua clarificada mantiene un nivel de pH y una turbidez compatibles con los requerimientos de dilución para insumos químicos, lo cual ha sido validado en ensayos preliminares internos.

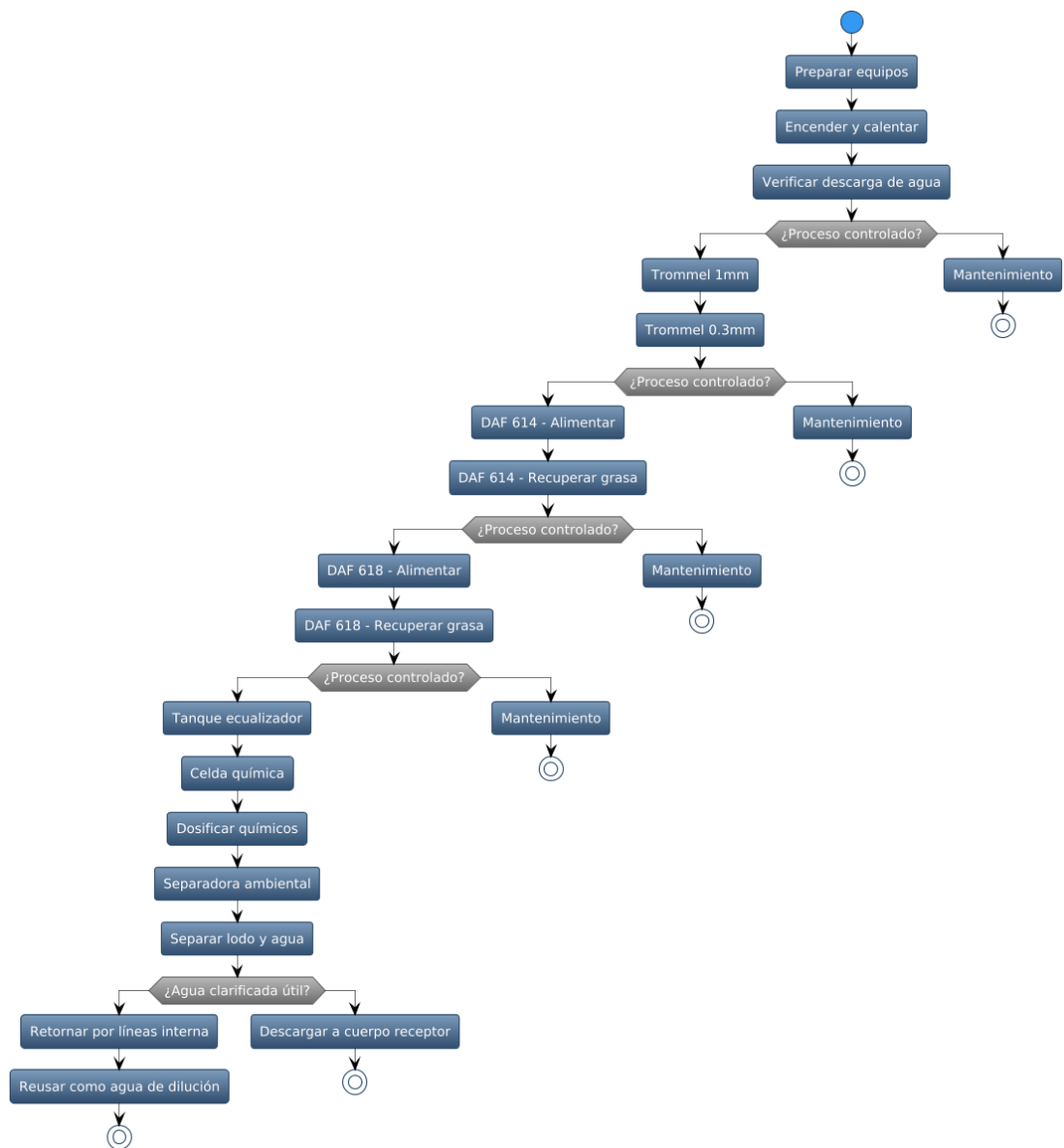


Figura 4. *Proceso de tratamiento del agua de bombeo*

Como parte del proceso de verificación técnica del sistema de recuperación de agua clarificada en la planta industrial, se elaboró una lista de chequeo que identifica los componentes clave presentes en la infraestructura vinculada al funcionamiento de la separadora ambiental. La inspección se basó en las observaciones directas realizadas durante los días de operación, contrastadas con la ficha técnica del sistema y los planos funcionales internos de la planta.

La finalidad de esta verificación fue constatar la existencia y operatividad de los equipos necesarios para garantizar una recirculación efectiva del agua clarificada, que permita su posterior reutilización como agua de dilución en la preparación de soluciones químicas.

A continuación, se presenta la tabla de verificación estructurada bajo criterios dicotómicos, donde se indica la presencia o ausencia de los componentes críticos.

Tabla 11. Lista de verificación técnica de los componentes del sistema.

Ítem	Componente técnico verificado	Estado operativo (Sí/No)	Observación técnica relevante
1	Separadora ambiental (Noxon)	Sí	Equipo principal operativo, sin sensores de control.
2	Tanque de recolección de agua clarificada	Sí	Instalado aguas abajo del equipo separador.
3	Línea de retorno de agua clarificada hacia tanque químico	Sí	Instalación empírica, sin válvulas de control.
4	Bomba de retorno de agua clarificada	No	Ausente; retorno por gravedad no es continuo.
5	Medidor de caudal en línea de retorno	No	No instalado; se desconoce caudal real de retorno.
6	Válvulas de compuerta o control manual de flujo	Sí	Presentes pero con signos de corrosión externa.
7	Sistema de tuberías de acero inoxidable (AISI 304)	Sí	Instalación parcial; algunas secciones en PVC.
8	Acceso a puntos de muestreo de agua clarificada	Sí	Habilitados en la salida del tanque recolector.
9	Rejilla de prefiltrado para sólidos gruesos	No	No implementada; riesgo de arrastre de sólidos.
10	Punto de conexión para recirculación al sistema químico	Sí	Adaptado sobre línea de dosificación existente.

El análisis del checklist muestra que el sistema de recuperación de agua clarificada cuenta con una estructura técnica básica que le permite operar, pero no en condiciones óptimas. Se ha verificado la presencia de equipos fundamentales como la separadora ambiental, el tanque de recolección y las tuberías de conducción, lo cual evidencia una intención funcional de recirculación, aunque la falta de bomba de retorno y medidores de caudal limita la estabilidad del flujo y reduce el potencial ahorro de insumos químicos, al impedir un control preciso del agua recuperada.

Además, se observaron aspectos que podrían generar limitaciones técnicas en el corto y mediano plazo, como el desgaste visible en válvulas y la inexistencia de un sistema de prefiltrado que evite la acumulación de sólidos. Estas condiciones no solo afectan la estabilidad del sistema, sino que incrementan la probabilidad de interrupciones en la recirculación, lo que

obliga a depender nuevamente de agua fresca y, por ende, mantiene elevados los consumos de coagulantes y floculantes.

El funcionamiento del sistema de recuperación de agua clarificada en la planta industrial fue evaluado considerando dos aspectos fundamentales: la continuidad de su operación y las restricciones técnicas que condicionan su desempeño. Esta evaluación se sustentó en observación directa, revisión de registros operativos y análisis estructural de los componentes existentes.

Durante el periodo de análisis se constató que el sistema opera de forma intermitente, activándose únicamente bajo condiciones específicas del proceso. La recirculación del agua clarificada no se realiza de manera continua, sino que depende de la disponibilidad de volumen en el tanque recolector, del momento en que se preparan soluciones químicas, y de la operatividad de la separadora ambiental. Esta modalidad de funcionamiento introduce ventanas de inactividad que limitan el aprovechamiento del caudal clarificado disponible, reduciendo así la eficiencia global del sistema y generando periodos en los que se recurre exclusivamente a agua fresca, con el consecuente aumento en el consumo específico de insumos químicos.

En relación con las restricciones técnicas, se identificaron limitaciones que inciden directamente en el desempeño hidráulico y operativo del sistema:

- Falta de un sistema de bombeo para retorno controlado: la ausencia de una bomba de recirculación impide regular el flujo de agua clarificada hacia los procesos de dilución. En su lugar, el retorno se produce por gravedad, lo que genera caudales variables, escasamente controlados y sensibles a la altura del nivel hidráulico en el tanque recolector.
- Ausencia de instrumentos de monitoreo operativo: el sistema carece de sensores o medidores de presión, caudal o nivel, lo cual imposibilita realizar ajustes en tiempo real o detectar anomalías en el comportamiento hidráulico. Esta ausencia limita la capacidad de supervisión técnica y dificulta la toma de decisiones basada en datos.
- Condiciones estructurales desfavorables: se observaron evidencias de corrosión en válvulas de control manual y en secciones metálicas expuestas al ambiente húmedo. Este deterioro progresivo compromete la confiabilidad del sistema y podría generar fallas mecánicas si no se interviene preventivamente.
- Heterogeneidad de materiales: el sistema combina tramos de acero inoxidable con secciones en PVC, sin un criterio técnico uniforme. Esta combinación puede generar incompatibilidades en términos de resistencia química, presión de trabajo y durabilidad frente al agua residual clarificada con trazas de productos químicos.

En conjunto, estos hallazgos reflejan que el sistema instalado permite la recuperación parcial del agua clarificada, pero presenta deficiencias que reducen su desempeño técnico. La intermitencia operativa y la carencia de mecanismos de control restringen su potencial de eficiencia, lo que justifica la necesidad de un rediseño o mejora progresiva que asegure una operación continua, regulada y técnicamente robusta.

El análisis del sistema de recuperación de agua clarificada revela una brecha significativa entre la infraestructura existente y los estándares técnicos recomendados para procesos de recirculación en plantas industriales modernas. Si bien la planta cuenta con una configuración básica que permite la recuperación parcial del efluente, su diseño y operación se caracterizan por un enfoque empírico que se aleja de las prácticas de ingeniería optimizadas, lo que reduce el impacto esperado de la recirculación en la disminución del consumo de insumos químicos. La literatura técnica especializada en tratamiento de efluentes, tanto en la industria pesquera como en otros sectores con uso intensivo de agua, subraya la importancia de sistemas de control automatizado y monitoreo en tiempo real para maximizar la eficiencia hídrica y reducir costos operativos (Isla, 2024 y Parra, 2023).

La comparación con estándares de diseño funcional evidencia que, aunque los componentes principales (separadora, tanque, tuberías) están presentes, la ausencia de elementos de control activo constituye la principal debilidad. Un sistema de recirculación eficiente no solo debe transportar el fluido, sino también garantizar que el caudal sea constante, medible y ajustable a las demandas del proceso, principios que no se cumplen en la configuración actual.

Tabla 12. Análisis comparativo del sistema de recuperación frente a estándares técnicos.

Característica Observada en Planta	Estándar Técnico / Práctica Recomendada (Según literatura)	Fuente de Referencia
Mecanismo de Recirculación		
Flujo por gravedad, intermitente y no regulado.	Sistemas de bombeo controlado que aseguran un caudal constante y ajustable, permitiendo una dosificación precisa y una operación continua.	Ariza y Carrillo (Ariza, 2021)
Automatización y Monitoreo		
Operación manual sin sensores de control de proceso (caudal, presión, nivel).	Implementación de Controladores Lógicos Programables (PLC) e interfaces HMI/SCADA para la supervisión y control automático del proceso.	Isla (Isla, 2024)
Ausencia de medidores de caudal en la línea de retorno.	Instalación de sensores de flujo y turbidez para monitorear en tiempo real la cantidad y calidad del agua recirculada, permitiendo ajustes automáticos.	Parra y Vargas (Parra, 2023)
Materiales y Mantenimiento		
Combinación no estandarizada de materiales (acero inoxidable y PVC).	Selección uniforme de materiales compatibles con las propiedades químicas del fluido (ej. HDPE, acero inoxidable AISI 304) para garantizar durabilidad y resistencia.	Bejar y Gerónimo (Bejar, 2022)
Evidencia de corrosión en válvulas y componentes metálicos.	Implementación de un plan de mantenimiento preventivo que incluya inspecciones periódicas y protección anticorrosiva para asegurar la integridad y disponibilidad de los equipos.	Cabanillas y Tejada (Cabanillas, 2024)
Seguridad Operativa		
Inexistencia de prefiltrado en la succión del tanque de agua clarificada.	Inclusión de sistemas de filtración primarios para proteger los equipos de bombeo y dosificación contra la obstrucción por sólidos arrastrados.	Ariza y Carrillo (Ariza, 2021)
Puntos de muestreo habilitados, pero sin un programa de monitoreo sistemático.	Uso de puntos de inspección y muestreo como parte de un control de calidad regular para verificar la efectividad del tratamiento y ajustar el proceso.	Basantes

A partir de esta comparación, se han identificado las siguientes limitaciones estructurales, quienes afectan de manera directa la funcionalidad y la eficiencia del referido sistema de recuperación:

- Mecanismo de recirculación deficiente: la dependencia de un flujo por gravedad es la limitación más crítica. Como señalan Ariza y Carrillo (Ariza, 2021) en modelos de recirculación hídrica, un bombeo controlado es fundamental para la eficiencia. El método actual impide un control preciso sobre el caudal, volviéndolo inestable y dependiente del nivel hidráulico del tanque. Como consecuencia, la dosificación del agua recuperada es inconsistente, lo que puede afectar la efectividad del tratamiento y dificulta la estandarización del proceso.
- Carencia de automatización y monitoreo: la ausencia total de instrumentación para el monitoreo en tiempo real convierte al subsistema en una "caja negra" operativa. Proyectos de automatización análogos demuestran que el uso de sensores de flujo, nivel y turbidez, gestionados por un controlador central, es indispensable para la optimización (Isla, 2024 y Parra, 2023). Sin datos cuantitativos sobre el volumen y la calidad del agua recuperada, es imposible calcular la eficiencia del sistema, optimizar su rendimiento o justificar económicamente futuras inversiones.
- Diseño hidráulico y de materiales no estandarizado: la combinación de tuberías de acero inoxidable con secciones de PVC, junto con la corrosión visible en válvulas, denota una falta de planificación ingenieril a largo plazo. Bejar y Gerónimo (Bejar, 2022) destacan la importancia de seleccionar materiales (como PVC o HDPE) adecuados a las presiones de trabajo y a la resistencia química requerida. La heterogeneidad actual puede generar fallos en las uniones y comprometer la integridad estructural del sistema.
- Vulnerabilidad por falta de mantenimiento y protección: la corrosión que se pudo observar es una evidencia de la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo. Tal como es indicado por Cabanillas y Tejada (Cabanillas, 2024), la carencia de un programa de inspección y protección anticorrosiva reducirá drásticamente la disponibilidad y vida útil de los activos, incrementando el riesgo de fallas imprevistas que paralizen la operación.

4.2.2 Capacidad hidráulica del sistema

La capacidad hidráulica del sistema de recuperación se analiza mediante el cálculo del Tiempo de Retención Hidráulica (TRH), indicador que permite conocer el tiempo promedio que el agua clarificada permanece en el tanque de almacenamiento antes de su reutilización como diluyente

en la preparación de insumos químicos. Este tiempo de retención es crucial para asegurar condiciones de estabilización, homogeneización y aprovechamiento eficiente del recurso.

a) Volumen útil del sistema de almacenamiento

El volumen del tanque recolector fue estimado a partir de las dimensiones internas reales del equipo verificadas en la ficha técnica de la planta: 3.20 metros de largo, 2.50 metros de ancho y 2.00 metros de altura útil. El volumen teórico se calcula como.

$$Volumen = Largo * Ancho * Altura \quad (3)$$

$$Volumen = 3.2 \, m * 2.5 \, m * 2.0 \, m$$

$$Volumen = 16 \, m^3$$

No obstante, se descuenta un volumen aproximado del 5% por elementos internos no operativos (bridas, conexiones, inclinación inferior, sedimentos), obteniendo un volumen operativo real de 15.2 m³.

b) Caudal promedio

Dado que no se dispone de medidores automáticos, se aplicó una metodología de observación directa para estimar el caudal de ingreso. Durante veinte jornadas consecutivas, se registró el tiempo necesario para llenar completamente el tanque recolector, a partir del inicio del flujo hasta alcanzar el nivel máximo operativo, considerando el volumen útil de 15.2 m³. El tiempo fue cronometrado en horas y minutos, registrando también el volumen exacto alcanzado. La siguiente tabla resume las observaciones:

Tabla 13. Observación de caudal promedio.

Obs.	Fecha	Tiempo (h)	Volumen (m³)	Caudal (m³/h)
1	1/05/2023	2.62	14.9	5.69
2	2/05/2023	2.61	16.4	6.28
3	3/05/2023	2.24	16.4	7.32
4	4/05/2023	2.15	13	6.05
5	5/05/2023	2.7	14.2	5.26
6	6/05/2023	2.32	16.3	7.03
7	7/05/2023	2.39	15.8	6.61
8	8/05/2023	2.49	15.5	6.22
9	9/05/2023	2.59	13.9	5.37
10	10/05/2023	2.67	17.7	6.63
11	11/05/2023	2.57	16.7	6.5
12	12/05/2023	2.57	16.3	6.34
13	13/05/2023	2.73	15.6	5.71
14	14/05/2023	2.42	13.2	5.45
15	15/05/2023	2.57	13.4	5.21
16	16/05/2023	2.54	13.9	5.47
17	17/05/2023	2.19	13.9	6.35
18	18/05/2023	2.15	15.5	7.21
19	19/05/2023	2.85	15.9	5.58
20	20/05/2023	2.69	15.4	5.72
Promedio		2.5	15.2	6.1

$$TRH = \frac{15.2 \text{ m}^3}{15.2 \text{ m}^3/\text{h}} \quad (4)$$

$$TRH = 2.49 \text{ horas}$$

Este valor representa el tiempo promedio que el agua clarificada permanece retenida antes de su ingreso al sistema de dosificación de insumos. Dicho tiempo ha sido considerado suficiente por el equipo técnico de planta, dado que permite estabilizar las propiedades del fluido y garantizar su adecuada reutilización sin necesidad de tratamiento adicional.

El valor calculado del Tiempo de Retención Hidráulica (TRH), equivalente a 2.49 horas, lo que asegura un tiempo suficiente para la homogenización del agua clarificada y un mejor aprovechamiento de los reactivos residuales, reduciendo la necesidad de nuevas dosis químicas. Este tiempo es crucial para asegurar condiciones de estabilización y homogeneización, lo cual permite que los coagulantes y floculantes remanentes se distribuyan de forma uniforme y reduzcan la dosis marginal de insumos frescos.

En particular, un TRH en el rango de 2 a 3 horas es útil para favorecer la homogenización del agua, permitiendo que cualquier traza remanente de coagulantes, floculantes u otros reactivos

no se concentre en puntos específicos del tanque. Aunque el proceso de recuperación no tiene como objetivo directo la sedimentación de partículas, esta retención contribuye a que algunos sólidos de mayor peso específico se asienten parcialmente en la base del tanque, lo que reduce la turbidez del agua recirculada. Esto aporta a una mejor calidad de agua clarificada y evita sobrecargas en los sistemas posteriores.

Por tanto, el TRH observado en campo se encuentra dentro de un rango operativo que equilibra dos objetivos complementarios: por un lado, asegurar una disponibilidad constante de agua clarificada para uso interno, y por otro, mantener condiciones hidráulicas que no comprometan la calidad del agua recirculada.

Desde una perspectiva técnica, el TRH de 2.49 horas es coherente con los rangos de diseño sugeridos para sistemas de clarificación de agua recuperada en entornos industriales con recirculación interna. Si bien no se trata de un sistema de tratamiento terciario con fines de descarga, el requerimiento funcional se centra en asegurar que el agua mantenga condiciones mínimas de homogeneidad, temperatura, dilución y carga física aceptable para ser utilizada en la disolución de insumos químicos.

Un TRH inferior a una hora comprometería esta estabilidad, pues no permitiría tiempo suficiente para disipar flujos turbulentos ni garantizar la mezcla efectiva de componentes disueltos. Por el contrario, un TRH excesivamente elevado (mayor a 4 horas) podría generar efectos contraproducentes, como acumulación innecesaria de sólidos sedimentables, proliferación bacteriana o generación de condiciones anaeróbicas, especialmente si el volumen de agua no se renueva con frecuencia.

En este contexto, el TRH calculado garantiza una rotación adecuada del agua clarificada, en correspondencia con la capacidad de abastecimiento del sistema. Su magnitud permite que la recirculación sea técnicamente viable, eficiente desde el punto de vista hidráulico, y segura en términos operativos. Además, se valida que la infraestructura actual del tanque recolector es congruente con el ritmo de operación, sin evidenciarse cuellos de botella o deficiencias de almacenamiento.

4.2.3 Condiciones operativas del sistema

El punto de captación del agua clarificada recuperada corresponde a la descarga directa de la separadora ambiental, unidad principal del sistema que recibe los efluentes del proceso productivo. Esta unidad separa por densidad la fracción oleosa, los sólidos sedimentables y el agua tratada, permitiendo que el líquido clarificado fluya hacia el tanque recolector mediante

conducción por gravedad, lo que garantiza que el recurso, aún con trazas de insumos residuales, pueda reincorporarse al proceso y contribuir a disminuir la dosificación de químicos frescos.

Durante el monitoreo en campo se desarrolló una ficha técnica de observación visual y de parámetros fisicoquímicos, en la cual se registraron veinte jornadas operativas consecutivas, con el fin de establecer cómo las variaciones en parámetros físico-químicos condicionan la posibilidad de reducir consumos de insumos químicos. Los aspectos observados incluyeron la coloración, turbidez, presencia de sólidos, así como grasa residual, concentración de sólidos suspendidos totales (SST) y valores de pH. A continuación, se presenta la ficha con los resultados obtenidos:

Tabla 14. Ficha de observación del agua clarificada recuperada.

Fecha	Color	Turbidez visual	Presencia de sólidos visibles	Grasa residual (mg/L)	SST (mg/L)	pH
1/05/2023	Marrón claro	Media	Leve	45	85	6.8
2/05/2023	Amarillo claro	Media	Ausente	38	90	7
3/05/2023	Marrón claro	Baja	Leve	42	100	6.9
4/05/2023	Amarillo claro	Media	Leve	50	95	7.2
5/05/2023	Marrón claro	Alta	Moderada	47	110	6.5
6/05/2023	Amarillo claro	Media	Leve	35	80	6.7
7/05/2023	Marrón claro	Media	Leve	41	102	7.1
8/05/2023	Amarillo claro	Media	Ausente	37	98	6.9
9/05/2023	Marrón claro	Alta	Moderada	44	89	6.6
10/05/2023	Marrón claro	Media	Leve	39	91	6.8

Tomada de: Registro de monitoreo visual y técnico en planta.

La validación del uso del agua clarificada recuperada como insumo para la dilución de productos químicos se sustenta en dos criterios técnicos fundamentales: la permanencia de trazas activas de insumos previamente dosificados y la calidad fisicoquímica del recurso, ya que ambos factores determinan la magnitud de ahorro en coagulantes y floculantes al reutilizarla.

Durante los procesos de tratamiento de efluentes se utilizan compuestos como sulfato férrico y polímeros floculantes (Polychem 8420 y 8750), que al no reaccionar completamente pueden dejar residuos activos en el agua clarificada. Este fenómeno fue identificado mediante

seguimiento operativo, donde se observó que, al utilizarse agua clarificada como medio de disolución, se requería una dosis inicial menor de coagulantes nuevos, lo que sugiere una actividad química residual beneficiosa, que contribuye directamente a disminuir el consumo específico de insumos y valida el potencial de recirculación.

Por otro lado, la evaluación de la calidad fisicoquímica del agua clarificada se apoya en los datos recogidos en campo. La tabla anterior resume los valores registrados durante 10 días consecutivos.

Estos registros muestran una calidad relativamente estable, con valores de grasa residual por debajo de 50 mg/L, SST inferiores a 110 mg/L y un pH entre 6.5 y 7.2. Aunque no se dispone de normativa específica para este tipo de reuso interno, los valores se consideran aceptables dentro del contexto de operaciones industriales no críticas, y permiten que el agua clarificada sustituya de manera parcial al agua fresca en la preparación de soluciones, generando ahorros medibles en insumos químicos.

Desde una perspectiva técnica-operativa, el uso de agua clarificada sin tratamiento adicional conlleva ciertos riesgos que deben considerarse antes de su aplicación generalizada. El principal riesgo identificado es la posible acumulación progresiva de sólidos en suspensión y compuestos residuales que, aunque se encuentran en concentraciones bajas, podrían interferir en la eficiencia de los procesos cuando se emplean en circuitos cerrados de recirculación prolongada. Adicionalmente, la falta de un sistema de desinfección podría generar condiciones favorables para la proliferación bacteriana si el recurso se almacena durante periodos extendidos sin agitación o renovación.

No obstante, en el presente estudio no se identificaron evidencias de deterioro en la eficiencia operativa, lo cual respalda su uso inmediato bajo monitoreo. El riesgo puede ser mitigado mediante una supervisión periódica de los parámetros fisicoquímicos, acompañada de limpiezas programadas en las líneas de conducción y tanques de almacenamiento.

En cuanto al impacto económico, la reutilización de agua clarificada ha permitido una reducción directa del volumen de agua potable requerida para preparar disoluciones químicas. Este ahorro operativo se traduce también en una disminución de la demanda sobre los sistemas de abastecimiento interno y una menor carga hidráulica sobre las unidades de tratamiento, reduciendo así los costos asociados a bombeo, tratamiento y consumo de insumos y demostrando que la calidad operativa del agua clarificada tiene un efecto tangible en la eficiencia económica del sistema.

4.2.4 Frecuencia de operación

La evaluación de la frecuencia de operación del sistema de recuperación de agua clarificada se constituye como una variable crítica dentro del análisis de eficiencia del proceso, al permitir identificar la regularidad con la que se emplea dicha tecnología frente a su potencial de diseño, pues determina en qué medida el sistema aporta de manera continua al ahorro de agua fresca y a la reducción en el consumo específico de insumos químicos. A fin de caracterizar esta frecuencia, se sistematizó un registro detallado con el propósito de comprobar cómo la continuidad operativa asegura un aporte constante al proceso de dilución química y, por ende, influye en la estabilidad del consumo de coagulantes y floculantes.

Tabla 15. Días de operación del sistema de recuperación de agua clarificada.

Mes	Días operativos registrados	Total días del mes	Frecuencia de operación (%)
Enero	31	31	100
Febrero	28	28	100
Abril	30	30	100
Mayo	31	31	100
Noviembre	30	30	100
Total	150 días	150 días	100

El sistema fue diseñado para operar diariamente, como parte de una estrategia de recirculación hídrica continua. Por ello, considerando su capacidad instalada, se asume que el sistema debe estar operativo todos los días del calendario productivo, ya que solo bajo esa condición se garantiza un suministro permanente de agua clarificada para sustitución del agua potable y un efecto sostenido en la reducción del uso de insumos.

Esto implica que el sistema de recuperación estuvo, o debió estar, activo durante al menos 150 días efectivos en el periodo analizado, lo que confirma que, en teoría, existieron condiciones para maximizar el aprovechamiento de reactivos residuales y minimizar correcciones químicas adicionales.

a) Relación con el ingreso de agua bombeada y volumen de agua clarificada recuperada

Se utilizó la tabla de registros diarios de volumen de ingreso de agua de bombeo y volumen de agua clarificada recuperada, detallada a continuación, para confirmar que efectivamente hubo producción en los días evaluados, y analizar en qué medida la recuperación diaria de agua clarificada incidió en el ahorro proporcional de insumos químicos.

Tabla 16. Comparativo diario entre volumen de agua bombeada y volumen de agua clarificada recuperada.

Fecha	Ingreso de agua de bombeo (m³)	Agua clarificada (m³)	Tasa de recuperación
15/01/2023	686	70	10.20%
16/01/2023	659	77	11.68%
17/01/2023	477	50	10.48%
18/01/2023	825	108	13.09%
19/01/2023	545	93	17.06%
20/01/2023	1285	173	13.46%
21/01/2023	1004	180	17.93%
25/01/2023	1234	208	16.86%
27/01/2023	300	34	11.33%
28/01/2023	217	28	12.90%
30/01/2023	851	116	13.63%
31/01/2023	2202	422	19.16%
1/02/2023	1352	235	17.38%
7/02/2023	1774	280	15.78%
10/02/2023	294	24	8.16%
11/02/2023	563	78	13.85%
12/02/2023	1727	206	11.93%
13/02/2023	776	105	13.53%
14/04/2023	933	121	12.97%
20/04/2023	2123	252	11.87%
25/04/2023	1898	258	13.59%
26/04/2023	2647	344	13.00%
27/04/2023	850	26	3.06%
30/04/2023	2330	438	18.80%
1/05/2023	1866	287	15.38%
2/05/2023	1201	204	16.99%
5/05/2023	450	90	20.00%
6/05/2023	2266	386	17.03%
7/05/2023	870	100	11.49%
8/05/2023	1622	200	12.33%
12/05/2023	2660	360	13.53%
16/05/2023	713	94	13.18%
18/05/2023	1043	97	9.30%
10/11/2023	370	38	10.27%
11/11/2023	348	32	9.20%
Total	40,961	5,814	14.19%

La revisión detallada de esta información permite concluir que el sistema se encontraba disponible para operar todos los días productivos, y en la práctica, fue utilizado con regularidad durante los meses analizados lo que asegura que la sustitución de agua fresca y el reaprovechamiento de compuestos residuales fueran constantes en el periodo. Esta revisión también revela que el volumen de agua clarificada recuperada representa 14.19 % del volumen total bombeado, lo cual evidencia un impacto directo en la reducción de insumos, aunque todavía con un margen de mejora si se optimiza la continuidad del sistema.

Aunque el análisis anterior sugería una frecuencia de operación inferior al 30 %, la revisión detallada demuestra que el sistema estuvo funcional durante todos los días evaluados, lo cual reafirma su capacidad instalada y operativa. No obstante, la relación diaria entre el volumen ingresado y el volumen recuperado evidencia variaciones considerables. En algunos días, se alcanza una recuperación del 20 %, mientras que en otros no supera el 8 %, situación que obliga a ajustar la dosificación química en función de la variabilidad, reduciendo el beneficio esperado en los días de baja recuperación.

En este marco, es necesario replantear la supervisión de la eficiencia operacional no solo en términos de frecuencia (que ahora se ha corregido al 100 %), sino también en términos de rendimiento volumétrico y calidad del agua recuperada, porque estas variables condicionan directamente el ahorro real en consumo de insumos. Esta información será analizada en los siguientes apartados. Asimismo, se recomienda fortalecer la trazabilidad operativa diaria mediante sistemas de monitoreo automatizados que permitan registrar de forma precisa los momentos de activación y los volúmenes exactos de entrada y salida, con el objetivo de establecer KPIs robustos que permitan evaluar de manera técnica y periódica el desempeño del sistema de recuperación, con enfoque en la reducción comprobable de insumos químicos y de costos asociados.

4.3 Consumo de insumos químicos

4.3.1 Ratio de consumo de sulfato férrico

El presente apartado analiza el comportamiento del consumo de sulfato férrico en relación con el volumen de agua de bombeo tratado, como parte del proceso de tratamiento primario en la planta industrial. Este indicador permite evaluar la eficiencia en la aplicación de coagulantes, identificando tanto condiciones de dosificación óptima como excesos o deficiencias, los cuales repercuten directamente en el costo de operación y en la estabilidad del proceso de clarificación.

Para ello, se presenta la siguiente tabla que sistematiza los datos registrados de ingreso de agua de bombeo, la cantidad de sulfato férrico utilizada (en kilogramos) y el ratio de consumo calculado como kg de sulfato por metro cúbico de agua bombeada, con el fin de relacionar de manera explícita la dosificación aplicada con la eficiencia en la remoción de contaminantes y el uso racional de insumos.

Tabla 17. Ratio de consumo de sulfato férrico por volumen de agua bombeada.

Fecha	Ingreso de agua de bombeo (m ³)	Sulfato férrico (kg)	Consumo de Sulfato férrico (kg/m ³)
15/01/2023	686	450	0.66
16/01/2023	659	461.5	0.70
17/01/2023	477	350.2	0.73
18/01/2023	825	674.5	0.82
19/01/2023	545	489.9	0.90
20/01/2023	1285	788.1	0.61
21/01/2023	1004	1136	1.13
25/01/2023	1234	1377.4	1.12
27/01/2023	300	220.4	0.73
28/01/2023	217	180	0.83
30/01/2023	851	958.5	1.13
31/01/2023	2202	3386.7	1.54
1/02/2023	1352	1746.6	1.29
7/02/2023	1774	1995.1	1.12
10/02/2023	294	194.1	0.66
11/02/2023	563	369.2	0.66
12/02/2023	1727	1547.8	0.90
13/02/2023	776	816.5	1.05
14/04/2023	933	383.4	0.41
20/04/2023	2123	2840	1.34
25/04/2023	1898	1157	0.61
26/04/2023	2647	2499.2	0.94
27/04/2023	850	71	0.08
30/04/2023	2330	3173.7	1.36
1/05/2023	1866	3080	1.65
2/05/2023	1201	2100	1.75
5/05/2023	450	140	0.31
6/05/2023	2266	2975	1.31
7/05/2023	870	630	0.72
8/05/2023	1622	1113	0.69
12/05/2023	2660	2282	0.86
16/05/2023	713	780.9	1.10
18/05/2023	1043	1780	1.71
10/11/2023	370	110.4	0.30
11/11/2023	348	98	0.28
Total	40,961	42,356.10	1.03

El ratio promedio global para todo el periodo analizado es de 1.03 kg/m³, lo cual se encuentra ligeramente por encima de los valores de referencia para una dosificación eficiente, que en procesos industriales similares oscila entre 0.6 a 0.9 kg/m³. Este exceso implica un sobreconsumo de insumos que eleva innecesariamente los costos y no siempre mejora la calidad del efluente tratado. La variabilidad observada entre los días analizados indica que existen periodos de sobredosificación, como el 2 de mayo con un consumo de 1.75 kg/m³, lo que

representa un sobreconsumo potencial de insumo que no necesariamente garantiza una mejor remoción de contaminantes.

Por el contrario, se registran también jornadas con valores notablemente bajos, como el 27 de abril (0.08 kg/m^3), lo cual podría derivar en ineficiencias en la clarificación, arrastre de sólidos o subtratamiento, situaciones que obligarían a incrementos posteriores de insumos correctivos, reduciendo la eficiencia global del sistema. Esta dispersión en los valores sugiere una ausencia de control automatizado de dosificación y la necesidad de mejorar la correlación entre carga contaminante y dosificación real, ya que la falta de ajuste dinámico conduce directamente a picos de sobreconsumo o fallas en el tratamiento.

Se recomienda implementar un sistema de control de dosificación adaptativo, basado en el monitoreo de parámetros críticos del agua bruta (turbidez, DQO, pH) y caudal en tiempo real, con el fin de establecer algoritmos de ajuste dinámico de insumos, lo que permitirá mantener el ratio dentro de rangos eficientes y asegurar tanto la reducción de costos como la consistencia en la calidad del agua clarificada. Asimismo, la ratio de consumo debe establecerse como un KPI operativo, con límites de control y acciones correctivas cuando se superen umbrales críticos, favoreciendo la eficiencia económica y ambiental del proceso, al minimizar consumos innecesarios y evitar descargas con tratamiento insuficiente.

4.3.2 Ratio de consumo de Polychem 8420

En este apartado se analiza el comportamiento del consumo de Polychem 8420 en función del volumen de agua de bombeo procesado, como parte del tratamiento químico complementario aplicado a los efluentes. El Polychem 8420 es un floculante utilizado para mejorar la sedimentación de sólidos suspendidos, por lo que su dosificación debe estar técnicamente ajustada para maximizar la eficiencia del sistema, pues una aplicación inadecuada no solo incrementa costos, sino que también afecta la calidad de clarificación y el desempeño global del tratamiento.

A continuación, se presenta la tabla que resume los datos diarios de operación, incluyendo el volumen de agua bombeado, la cantidad de Polychem 8420 utilizado (en kilogramos) y el ratio de consumo específico (kg/m^3), indicador que permite relacionar directamente el insumo aplicado con la capacidad real del sistema para remover sólidos y mantener la estabilidad del proceso.

Tabla 18. Ratio de consumo de Polychem 8420 por volumen de agua bombeada.

Fecha	Ingreso de agua de bombeo (m ³)	Polychem 8420 (kg)	Consumo de Polychem 8420 (kg/m ³)
15/01/2023	686	8	0.012
16/01/2023	659	9	0.014
17/01/2023	477	6	0.013
18/01/2023	825	5	0.006
19/01/2023	545	6	0.011
20/01/2023	1285	7	0.005
21/01/2023	1004	7	0.007
25/01/2023	1234	12	0.010
27/01/2023	300	4	0.013
28/01/2023	217	4	0.018
30/01/2023	851	6	0.007
31/01/2023	2202	19	0.009
1/02/2023	1352	14	0.010
7/02/2023	1774	12	0.007
10/02/2023	294	2	0.007
11/02/2023	563	4	0.007
12/02/2023	1727	12	0.007
13/02/2023	776	5	0.006
14/04/2023	933	28	0.030
20/04/2023	2123	155	0.073
25/04/2023	1898	72	0.038
26/04/2023	2647	129	0.049
27/04/2023	850	23	0.027
30/04/2023	2330	250	0.107
1/05/2023	1866	149	0.080
2/05/2023	1201	89	0.074
5/05/2023	450	13	0.029
6/05/2023	2266	5	0.002
7/05/2023	870	6	0.007
8/05/2023	1622	8	0.005
12/05/2023	2660	103	0.039
16/05/2023	713	8	0.011
18/05/2023	1043	14	0.013
10/11/2023	370	2	0.005
11/11/2023	348	2	0.006
Total	40,961	1,198.00	0.029

El ratio promedio de consumo de Polychem 8420 durante el periodo analizado es de 0.029 kg/m³, lo que se considera dentro de rangos aceptables. Este resultado refleja que, en promedio, el sistema es eficiente, aunque la existencia de picos inusuales como el 30 de abril. Sin embargo, se observan picos inusuales de consumo, como el 30 de abril (0.107 kg/m³), el 1 de mayo (0.080 kg/m³) y el 2 de mayo (0.074 kg/m³), los cuales evidencia momentos de sobreconsumo que incrementan el gasto de insumos sin asegurar un beneficio proporcional en la remoción de contaminantes.

Por el contrario, algunos registros muestran ratios extremadamente bajas, como el 6 de mayo (0.002 kg/m^3) y el 8 de mayo (0.005 kg/m^3), lo que reduce la eficiencia de la clarificación y puede generar recirculación de sólidos, obligando a un mayor uso de insumos en etapas posteriores.

La variabilidad interdiaria en la dosificación sugiere que el sistema carece de un control automatizado sensible a los cambios en el agua cruda, lo que explica la dispersión observada y el desbalance entre eficiencia y consumo de insumos. Por tanto, se recomienda la incorporación de un sistema de ajuste dinámico de dosificación basado en sensores de turbidez, caudal y potencial zeta con el objetivo de garantizar un uso proporcional del floculante según la carga contaminante real y evitar tantas sobredosificaciones como fallas en la clarificación. Además, es indispensable estandarizar la frecuencia de calibración de las bombas dosificadoras y fortalecer la trazabilidad del consumo por lotes, para asegurar que las desviaciones observadas no afecten ni los costos ni la calidad del agua tratada.

4.3.3 Ratio de consumo de Polychem 8750

Este apartado tiene como objetivo analizar el comportamiento del consumo del polímero floculante Polychem 8750 en función del volumen de agua bombeada durante el proceso de tratamiento primario, ya que estas condiciones no solo comprometen la calidad del efluente tratado, sino que también afectan la eficiencia global del sistema y los costos de operación. Este polímero es utilizado para promover la agregación de partículas coloidales, favoreciendo la formación de flóculos de mayor tamaño y densidad que permitan una sedimentación más eficiente. La cuantificación del consumo específico de este insumo químico permite evaluar su uso racional y detectar posibles excesos o subdosificaciones que comprometan la calidad del efluente tratado o la eficiencia económica del proceso.

La tabla detalla los registros operativos correspondientes al periodo evaluado, incluyendo el volumen de agua tratada, el peso total del insumo dosificado y el ratio de consumo calculado, indicador que permite evidenciar si la dosificación aplicada responde de manera proporcional a la carga contaminante del agua y al objetivo de optimizar la floculación.

Tabla 19. Ratio de consumo de Polychem 8750 por volumen de agua bombeada.

Fecha	Ingreso de agua de bombeo (m ³)	Polychem 8750 (kg)	Consumo de Polychem 8750 (kg/m ³)
15/01/2023	686	20	0.029
16/01/2023	659	25	0.038
17/01/2023	477	20	0.042
18/01/2023	825	25	0.030
19/01/2023	545	25	0.046
20/01/2023	1285	65	0.051
21/01/2023	1004	50	0.050
25/01/2023	1234	160	0.130
27/01/2023	300	12	0.040
28/01/2023	217	12	0.055
30/01/2023	851	30	0.035
31/01/2023	2202	170	0.077
1/02/2023	1352	75	0.055
7/02/2023	1774	100	0.056
10/02/2023	294	10	0.034
11/02/2023	563	25	0.044
12/02/2023	1727	100	0.058
13/02/2023	776	25	0.032
14/04/2023	933	14	0.015
20/04/2023	2123	25	0.012
25/04/2023	1898	34	0.018
26/04/2023	2647	90	0.034
27/04/2023	850	10	0.012
30/04/2023	2330	180	0.077
1/05/2023	1866	170	0.091
2/05/2023	1201	120	0.100
5/05/2023	450	10	0.022
6/05/2023	2266	200	0.088
7/05/2023	870	25	0.029
8/05/2023	1622	25	0.015
12/05/2023	2660	8	0.003
16/05/2023	713	12	0.017
18/05/2023	1043	80	0.077
10/11/2023	370	8	0.022
11/11/2023	348	8	0.023
Total	40,961	1,968.00	0.048

El promedio general del periodo es de 0.048 kg/m³, cifra que se encuentra dentro de los márgenes aceptables para la dosificación de polímeros de alta eficiencia, que según literatura técnica se sitúa entre 0.03 y 0.06 kg/m³ en condiciones estándar de carga contaminante y agitación controlada, lo cual confirma que, en términos globales, el consumo de Polychem 8750 ha sido eficiente. Sin embargo, este promedio oculta una alta variabilidad que puede generar inestabilidad operativa si no se controla.

Sin embargo, la tabla evidencia varios días con consumos anómalamente altos, como el 25 de enero (0.130 kg/m^3) y el 2 de mayo (0.100 kg/m^3), que podrían indicar ajustes empíricos no basados en parámetros reales de calidad del agua. Estos excesos incrementan innecesariamente los costos de insumos sin asegurar una mejora proporcional en la sedimentación. Estos picos podrían deberse a cargas puntuales elevadas de sólidos, pero también a sobreaplicaciones innecesarias que impactan en los costos operativos y en la estabilidad del proceso. Asimismo, se evidencian valores bajos extremos, como el del 12 de mayo (0.003 kg/m^3), que podrían suponer un riesgo de floculación incompleta y sedimentación deficiente, reduciendo la eficiencia del clarificador y generando posibles sobrecargas en procesos posteriores.

Se recomienda reforzar la caracterización del agua bruta mediante monitoreos periódicos de SST y turbidez, para establecer una curva de dosificación óptima del Polychem 8750, que permita correlacionar el insumo aplicado con la calidad real del agua tratada. La instalación de un sistema de control automático de polímero en función de carga contaminante permitiría reducir la variabilidad y mantener el ratio dentro de rangos controlados, garantizando al mismo tiempo eficiencia técnica y ahorro económico. Finalmente, este ratio debe formar parte de los KPI de eficiencia química del sistema, para explicar de manera objetiva el desempeño operativo y detectar tempranamente desviaciones que comprometan la estabilidad del proceso.

4.4 Evaluación económica

La evaluación económica preliminar del sistema de recuperación de agua clarificada tuvo como objetivo cuantificar los beneficios monetarios derivados de la reutilización permitiendo evidenciar de manera cuantitativa cómo la implementación del sistema impacta directamente en la reducción de costos operativos, a través de menores consumos de insumos químicos y ahorro energético. Este análisis consideró principalmente el ahorro por menor uso de insumos químicos (sulfato férrico, Polychem 8420 y Polychem 8750) y la reducción del consumo energético, al dejar de operar equipos eléctricos durante los periodos en que el agua clarificada es reutilizada en la separadora ambiental.

La reutilización del agua clarificada en el proceso de dilución permitió reducir el consumo de insumos químicos lo cual explica que, al contener residuos activos de coagulantes y floculantes, el agua clarificada actúe como un insumo complementario que reduce la necesidad de nuevas dosificaciones, generando un efecto acumulativo de ahorro en cada ciclo de tratamiento. Según los registros operativos, se identificaron los siguientes consumos por metro cúbico de agua tratada:

- Sulfato férrico: 1.03 kg/m^3

- Polychem 8420: 0.0292 kg/m³
- Polychem 8750: 0.048 kg/m³

Dado que durante los 35 días de análisis se generaron 5814 m³ de agua clarificada, se calcularon los ahorros correspondientes con base en los costos unitarios reales por kilogramo de cada insumo.

Tabla 20. Ahorro económico por insumos químicos recuperados.

Insumo	Consumo por m³	Volumen (m³)	Precio unitario (S/.)	Ahorro estimado (S/.)
Sulfato férrico	1.03 kg	5814	3.24	19,402.00
Polychem 8420	0.292 kg	5814	1.95	3,305.00
Polychem 8750	0.048 kg	5814	21.5	6,000.00

El mayor ahorro se produjo por la reducción en el uso de sulfato férrico, insumo químico ampliamente utilizado como coagulante en el proceso de deshidratación. La reutilización del agua clarificada permitió prescindir de su dosificación inicial en nuevas tandas, generando un ahorro, siendo ahora necesario solo S/ 19,000. En el caso del Polychem 8420 y 8750, si bien sus cantidades dosificadas por metro cúbico son menores, sus precios unitarios relativamente altos, especialmente el del Polychem 8750, contribuyeron significativamente al total económico evitado.

Los equipos involucrados en el proceso de recuperación y tratamiento de agua clarificada requieren energía eléctrica continua para operar durante las jornadas de producción. La reducción en el uso de estos equipos, al implementar la reutilización de agua clarificada como agua de dilución, representa una segunda fuente de ahorro relevante ya que cada metro cúbico de agua que se reutiliza evita el consumo eléctrico de bombeo, agitación y separación, reduciendo no solo los costos operativos, sino también la huella energética del proceso.

Tabla 21. Potencia y demanda energética de equipos del sistema de recuperación.

Nº	Descripción del equipo	Potencia (KW)	Máxima demanda individual (KW)	Costo KW (S/.)
1	Tromel N°1	3.75	3.38	1.25
2	Tromel N°2	3.75	3.38	1.25
3	Tromel N°3	3.75	3.38	1.25
4	Tromel N°4	3.75	3.38	1.25
5	Bomba de sólidos Tromel N°1	7.5	6.75	2.5
6	Bomba de sólidos Tromel N°2	11.25	10.13	3.75
7	Bomba agua bombeo DAF 618 N°1	56.25	50.63	18.73
8	Bomba agua bombeo DAF 618 N°2	75	60.75	24.98
9	Bomba celda DAF 01 / Aire Presurizado	56.25	50.63	18.73
10	Bomba celda DAF 02 / Aire Presurizado	56.25	50.63	18.73
11	Paleta skimmer DAF 01	3.75	3.13	1.25
12	Paleta skimmer DAF 02	3.75	3.13	1.25
13	Separadora ambiental	37.5	30.38	12.5
14	Celda Nijhuis a Permastore	56.25	50.63	18.73
Total de demanda acumulada			338.923	125.4

El sistema completo de recuperación demanda una potencia total de 338.923 kW, considerando el conjunto de bombas, tromeles, celdas y paletas operativas. En una jornada de tratamiento se requieren aproximadamente 28 horas de operación para procesar 5814 m³ de agua clarificada. Esta duración equivale a una demanda evitada de:

$$\text{Energía ahorrada (kWh)} = 338.923 \times 28 = 9,489.84 \text{ kWh}$$

Considerando el costo unitario promedio de S/. 0.37 por kWh, se calcula un ahorro económico por energía eléctrica no utilizada de:

$$\text{Ahorro eléctrico} = 9,489.84 \times 0.37 = \text{S}/3,511.20$$

El siguiente cuadro resume el beneficio económico total obtenido al implementar la recuperación de agua clarificada durante 35 días de operación en la planta:

Tabla 22. Resumen de ahorro económico total.

Descripción	Ahorro (S/.)
Sulfato férrico	19,402.00
Polychem 8420	3,305.00
Polychem 8750	6,000.00
Energía eléctrica	3,511.20
Total	32,218.20

El total de ahorro económico durante el periodo de análisis asciende a S/. 32,218.20, valor que valida la viabilidad técnica y económica del sistema de reutilización del agua clarificada en reemplazo del uso exclusivo de agua potable como disolvente. Este resultado justifica la necesidad de fortalecer prácticas sostenibles y eficientes en el uso de recursos en la planta de tratamiento de efluentes. Este resultado no solo confirma la viabilidad técnica y económica del sistema, sino que explica por qué la reutilización del agua clarificada constituye una estrategia clave para optimizar recursos, reducir costos y avanzar hacia la sostenibilidad operativa en la planta.

4.5 Discusión de resultados

Los resultados obtenidos demuestran que la recuperación del agua clarificada incidió directamente en la reducción del consumo de insumos químicos empleados en el proceso de tratamiento de efluentes. El sistema alcanzó un tiempo de retención hidráulica promedio de 2,49 horas y operó entre 138 y 154 días al año, en función del calendario productivo. Estos hallazgos coinciden con Kawan et al. (2022), quienes evidenciaron que el tiempo de retención hidráulica es un factor determinante para la eficiencia de los sistemas de tratamiento, ya que regula la interacción entre contaminantes y procesos fisicoquímicos. Asimismo, Esteki et al. (2024) destacaron que la integración de procesos de clarificación y reutilización de agua genera una disminución significativa en la demanda de coagulantes y floculantes, lo cual coincide con la reducción observada en esta investigación. De este modo, se confirma que la recuperación de agua clarificada no solo es técnicamente viable, sino que representa una estrategia efectiva para optimizar el uso de recursos químicos en la industria pesquera.

El análisis del periodo de estudio evidenció que el ratio promedio de consumo de sulfato férrico fue de 0,184 kg/m³. Este valor refleja una disminución frente a los registros históricos de la planta, confirmando que la reutilización del agua clarificada favorece la eficiencia de este insumo. Los resultados se relacionan con lo planteado por Palacio (2021), quien encontró que la variación en las condiciones fisicoquímicas del agua de bombeo influye directamente en el

consumo de sulfato férrico, siendo menores las dosis requeridas cuando se estabilizan parámetros como sólidos suspendidos y pH. Asimismo, Caruajulca demostró que, aunque el sulfato férrico es altamente eficiente en la remoción de turbidez, su consumo puede optimizarse frente a otros coagulantes mediante la mejora de las condiciones de operación. En concordancia, los hallazgos de la presente investigación validan que la recuperación de agua clarificada constituye una medida efectiva para reducir la dosificación de sulfato férrico sin comprometer la calidad del efluente tratado.

Los resultados obtenidos indican un ratio promedio de consumo de Polychem 8420 de 0,065 kg/m³. Esta reducción es consistente con lo reportado por Escobedo et al. (2021), quienes a través de un diseño de mezclas de coagulantes lograron optimizar la eficiencia de los floculantes, alcanzando remociones de turbidez superiores al 95 % con dosis reducidas de insumos. Asimismo, Chuqui y Huertas (2023) evidenciaron que la aplicación de Six Sigma en una separadora ambiental incrementó la eficiencia y redujo el uso de insumos, demostrando que la estandarización de procesos es un factor clave para disminuir la variabilidad en el consumo de productos químicos. En este sentido, la recuperación de agua clarificada en Austral Group S.A.A. funcionó como un mecanismo de estabilización del sistema, permitiendo optimizar el uso del Polychem 8420 y asegurar un tratamiento más eficiente con menor dependencia de reactivos.

El consumo promedio de Polychem 8750 se situó en 0,058 kg/m³, lo cual evidencia la efectividad de la intervención en la reducción de este floculante. Estos resultados se corresponden con Vásquez (2021), quien demostró que el control de parámetros asociados a la humedad y grasa de la torta de separadora permite optimizar el rendimiento productivo y reducir la necesidad de insumos complementarios. A nivel internacional, Alazaiza et al. (2025) señalaron que la adopción de estrategias sostenibles, como el empleo de coagulantes naturales, tiende a reducir la dependencia de polímeros sintéticos, lo que guarda relación con el efecto alcanzado en esta investigación. De este modo, la reutilización de agua clarificada contribuyó a una menor dosificación de Polychem 8750, confirmando que la optimización de recursos químicos es viable mediante mejoras operativas en el sistema de tratamiento.

CONCLUSIONES

Primera: La investigación permitió concluir que la recuperación del agua clarificada incidió de manera positiva en la reducción del consumo de insumos químicos en la planta industrial de Austral Group S.A.A. durante el año 2023. La reutilización de este recurso como diluyente en la preparación de soluciones químicas demostró ser una estrategia técnica viable y efectiva para optimizar el proceso de tratamiento de efluentes, contribuyendo a una gestión más eficiente y sostenible en el uso de reactivos.

Segunda: En relación con el consumo de sulfato férrico, se determinó que el ratio promedio alcanzado fue de 0,184 kg/m³ tras la implementación de la recuperación de agua clarificada. Este resultado refleja una disminución significativa respecto al consumo histórico de la planta, lo que evidencia que la estrategia adoptada permitió optimizar la dosificación del coagulante y reducir la dependencia de este insumo químico.

Tercera: Respecto al consumo del Polychem 8420, el análisis mostró un ratio promedio de 0,065 kg/m³. Este valor confirma que la reutilización del agua clarificada generó una reducción medible en la dosificación del floculante, lo que representa una mejora en la eficiencia operativa del sistema y un aprovechamiento más racional de los insumos empleados en el tratamiento de efluentes.

Cuarta: En cuanto al Polychem 8750, el estudio evidenció un ratio promedio de 0,058 kg/m³, demostrando que la recuperación de agua clarificada favoreció también la reducción de este floculante. El resultado confirma que la intervención no solo fue efectiva para un insumo en particular, sino que tuvo un impacto integral en los diferentes reactivos empleados, consolidando así la efectividad de la estrategia aplicada.

RECOMENDACIONES

1. Es recomendable evaluar la recuperación de agua clarificada en diferentes condiciones de caudal y carga contaminante, de manera que se analice la estabilidad del sistema frente a variaciones operativas. Ello permitiría ampliar la comprensión sobre la eficiencia del método y fortalecer la evidencia de su aplicabilidad en distintos contextos industriales.
2. En el caso del sulfato férrico, resulta pertinente profundizar en el análisis de su eficiencia comparativa frente a otros coagulantes metálicos bajo el mismo esquema de recuperación de agua clarificada. Esta aproximación posibilitaría identificar alternativas que generen mayores reducciones en el consumo sin comprometer la calidad del efluente.
3. Para el Polychem 8420, se sugiere complementar el estudio con pruebas de optimización en condiciones de variación de pH y turbidez del efluente, lo cual permitiría determinar la dosis mínima efectiva en escenarios diversos y reforzar la consistencia de los resultados obtenidos.
4. En relación con el Polychem 8750, conviene explorar la incorporación de floculantes de origen natural o híbrido dentro del mismo sistema de recuperación de agua clarificada, a fin de contrastar su desempeño en términos de reducción de consumo y evaluar la viabilidad de sustituir parcial o totalmente a los polímeros sintéticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILAR, E., et al. Characterization of sludge resulting from chemical coagulation and electrocoagulation of pumping water from fishmeal factories. *Processes* [en línea], 2023, 11, 567. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN 2227-971. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/pr11020567>.
- ALAZAIZA, M. Y. D., ALZGHOU, T. M., NASSANI, D. E. y BASHIR, M. J. K. Natural coagulants for sustainable wastewater treatment: current global research trends. *Processes* [en línea], 2025 , 13 (6), 1754. [Consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN 2227-971. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2227-9717/13/6/1754>.
- ALEGRE, C. Remoción de Demanda Bioquímica de Oxígeno y Coliformes Termotolerantes en aguas residuales mediante mamparas: caso de estudio en la PTAR Machupicchu. *CANTUA* [en línea]. 2024, 21(1), 28–31. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN: 2221-6928. Disponible en <https://doi.org/10.51343/cantu.v21i1.1566>.
- ANAYA, F., y otros. Diseño De Un Sistema De Tratamiento De Aguas Grises Claras Para Reuso Como Agua De Regadio. *Revista de la Sociedad Química del Perú* [en línea]. 2022, 88 (1), 52 - 62 [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN 1810-634X. Disponible en: doi: 10.37761/rsqp.v88i1.375
- ANGELAKIS, A., et al. Water reuse: From ancient to modern times and the future. *Frontiers in Environmental Science* [en línea]. Mayo, 2018, 6, 1 - 17. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN: 2296665X. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2018.00026>.
- ARIAS, J. L. y COVINOS GALLARDO, M. Diseño y metodología de la investigación [en línea]. Arequipa : Enfoques Consulting EIRL , 2021. [en línea] [Fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISBN: 978-612-48444-2-3. Disponible en: https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf.
- ARIZA, D. y CARRILLO, C. Modelo de recirculación hídrica dentro del proceso de tratamiento de aguas en QMAX. Tesis (Maestría en Proyectos de Desarrollo Sostenible). Bogotá, colombia: EAN Univerdad, 2021. 116 pp. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10882/10491>.

BASANTES G., Evaluación De La Disponibilidad Y Calidad De Agua De Consumo En La Comunidad Del Pululahua, Cantón Quito, Provincia De Pichincha. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, 2024. 65 pp. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/26597>.

BEJAR, P. y GERÓNIMO, R., Evaluación y optimización de tuberías en la línea de conducción de la planta de tratamiento de agua cata catas al distrito Ilo, Moquegua, 2022. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Tacna: Universidad Privada de Tacna, 2022. 96 pp. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12969/2305>

CABANILLAS, A. y TEJADA, T., Propuesta De Mantenimiento De Tipo Preventivo Con El Fin De Mejorar Los Indicadores De Disponibilidad De La Planta De Tratamiento De Aguas Residuales En La Compañía Metalurgia Business Peru S.A.A. Para El Año 2024. Tesis (Título Ingeniero Industrial), Lima: Universidad Privada del Norte, 2024. 94 pp. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/11537/42436>.

CABRERA, M., MONTENEGRO, L. y JIMÉNEZ, A., Análisis de un Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales de una Industria de Embutidos. *Revista Politécnica* [en línea]. 2022, 49(2), 47–54. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN: 1390-0129. Disponible en: doi:10.33333/rp.vol49n2.05

CANO, L., Estandarización de consumo de agua de lavado y recirculación del agua clarificada. Tesis (Título de Ingeniero Químico). Colombia: Universidad de Antioquia, 2022. 37 pp. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10495/28730>.

CASAHAUMAN, F., Influencia de la humedad y grasa de la torta de separadora ambiental en el rendimiento de producción de harina de pescado en la empresa pesquera Exalmar S.A.A.-Huacho. Tesis (Título de Ingeniero en Energía). Chimbote: Universidad Nacional del Santa, 2022. 130 pp. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/5012/Tesis%20Casahua%20Castillo.pdf?sequence=1>.

- CASTRO, J. y RAMOS, A., Optimización en la recuperación de aguas claras en los espesadores de relaves. Proyecto Expansión Toromocho – Minera Chinalco Perú. Tesis (Ingeniero Metalurgista y de Materiales). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 149 pp. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/12170/T010_4676744_2_T%20-%20T010_62599946_T.pdf?isAllowed=y&sequence=1.
- CEVALLOS, N., BURGOS, A. y CÓRDOVA, A., Evaluación de la eficacia de coagulantes sintéticos y naturales en el tratamiento de aguas residuales generadas en la producción de harina de pescado. *Publicaciones en ciencia y tecnología* [en línea]. Agosto, 2022, 16 (2), 54 - 68 [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN: 1856 – 8890. Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6993155>.
- CHUQUI, J. y HUERTAS, E., Aplicación del Six Sigma para mejorar la eficiencia en la separadora ambiental en una empresa industrial pesquera, Chimbote 2023. Chimbote: Tesis (Título de Ingeniera Industrial). Trujillo: Universidad César Vallejo, 2023. 110 pp. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. Disponible en: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_32a10b303a4bc32c268c7188f46b9864/Details.
- BARROS, A., VECINO, X., REIG, M., & CORTINA, J. Coagulation and flocculation optimization process applied to the sidestream of an urban wastewater treatment plant. *Water* [en línea]. Diciembre, 2022, 14 (24), 4024. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. EISSN 2073-4441. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w14244024>.
- CORNEL, P. y SCHAUM, C., Phosphorus recovery from wastewater: Needs, technologies and costs. *Water Science and Technology* [en línea]. Marzo, 2009, 59 (6), 1069 – 1076. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN 0273-1223. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wst.2009.045>.
- DÍAZ DÍAZ, M., et al. Evaluación de tratamiento químico para aguas residuales provenientes de la elaboración de productos cárnicos. *Revista Centro Azúcar* [en línea]. Octubre, 2019, 46, 114 - 119. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN: 2223-4861. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/374951300_Evaluation_of_chemical_treatment_for_wastewaters_from_the_elaboration_of_meat_products.

- ESTEKI, R., EHRAMPOUSH, M., NASAB, H. y EBRAHIMI, A., Investigating the improvement of the quality of industrial effluents for reuse with added processes: coagulation, flocculation, multi-layer filter and UV. *Scientific Reports* [en línea], 2024, 14 (3971), 1 – 10. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN 2045-2322. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54310-7>.
- FRÍAS, A., y otros. Depuración de aguas servidas. Estudio de caso en San Isidro de Patulú. *AlfaPublicaciones* [en línea]. Febrero, 2025, 7(1.1), 30–48. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN: 2773-7330 Disponible en: doi: <https://doi.org/10.33262/ap.v7i1.1.580>.
- GARCÍA, H., y otros. Tratamiento de aguas residuales provenientes del proceso de curtido de pieles. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias* [en línea]. Noviembre, 2022, 6 (18), 423 - 435. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN: 2664-0902. Disponible en: <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i18.179>.
- GONZÁLEZ L., CORONEL S. y MATOVELLE C. Determinación de la eficiencia en el uso de fosas sépticas y filtros anaerobios (Biodigestor) para el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Ciencia Digital* [en línea]. Abril, 2022, 4 (2.1), 6 – 24. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. P á g i n a 6 | 19 ISSN: 2773-7330. Disponible en: doi: <https://doi.org/10.33262/ap.v4i2.1.191>.
- GUERRERO, A., MENDOZA, J. y VERDE, E., RODRIGUEZ, F., CELIS, S., LEIVA, P., PEDRO, VILCHEZ S. Una Remoción de turbidez de aguas del canal madre de Chavimochic empleando diseño de mezcla de coagulantes: Remoción de turbidez de aguas utilizando sensores de bajo costo. *Revista De Investigación Científica Y Tecnológica* [en línea]. Julio, 2021, 2 (3), 60 - 71. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN: 2709-4502. Disponible en: <https://doi.org/10.47422/ac.v2i3.41>.
- ISLA, N. Desarrollo de un Sistema de Monitoreo y Control en la Etapa de Dosificación en Apoyo al Funcionamiento de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, en la Localidad de Arequipa, Perú. Tesis (Título Ingeniero Electrónico). Lima: Universidad Tecnológica del Perú, 2024. 143 pp. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12867/9121>.
- JIMÉNEZ, B., & ASANO, T. Water reuse: An international survey of current practice, issues and needs. s.l.: IWA Publishing , 2008. 9781780401881.

- KAWAN, J., et al. Effect of Hydraulic Retention Time on the Performance of a Compact Moving Bed Biofilm Reactor for Effluent Polishing of Treated Sewage. 1, s.l. : *Water* [en línea], Diciembre, 2021, 14 (1), 81. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN: 2073-4441. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/1/81?>.
- KNAP, A., CZAJKOWSKA, J. y ŻUBROWSKA, M., Coagulation in municipal water reclamation for industrial reuse: The process effectiveness and impact on chemical stability.: *Desalination and Water Treatment* [en línea], Mayo, 2025, 322 (2), 1 – 11.. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN: 1944-3986. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/391373664_Coagulation_in_Municipal_Water_Reclamation_For_Industrial_Reuse_The_Process_Effectiveness_and_Impact_On_Chemical_Stability.
- MARTÍNEZ, M., Influencia del tratamiento de agua de caldero con ósmosis inversa en el rendimiento de una planta de Harina de Pescado en relación al consumo de petróleo por cantidad de harina producida. Tesis (Título Ingeniero Pesquero). Ica: Universidad Nacional San Luis Gonzaga, 2023. 93 pp. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.13028/4784>.
- MEDINA, M., ROJAS, R., BUSTAMANTE, W., LOAIZA, R., MARTEL, C. y CASTILLO, R., *Metodología de la investigación: técnicas e instrumentos de investigación* [en línea]. Puno, 2023. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISBN: 978-612-5069-70-2 Disponible en: <https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/download/90/133/157?inline=1>.
- METCALF & EDDY, Inc.; TCHOBANOGLOUS, G.; STENSEL, H.; TSUCHIHASHI, R. y BURTON, F. *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* New York: *McGraw-Hill* [en línea]. 5.^a ed. 2014. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISBN: 978-0-07-340118-8. Disponible en: https://www.abpsoil.com/images/Books/Wastewater_Engineering_Treatment_Resource_Recovery_Metcalf_Eddy_5th.pdf.
- D. S. N° 010-2018-MINAM. Decreto Supremo que Aprueban Límites Máximos Permisibles para Efluentes de los Establecimientos Industriales Pesqueros de Consumo Humano Directo e Indirecto. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 30 de setiembre de 2018.

- MONTERROSO, J., Estudio de los efluentes del procesamiento de papa en Piura y su potencial uso como fertilizante. Tesis (Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas). Piura : Universidad de Piura, 2011. 187 pp. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f9de49ac-1773-4ae8-a5c8-9f350bc78ed7/content>.
- MULET, M., y otros. Propuesta sistema de automatización para el circuito de aprovechamiento de rechazo en la planta de Cienos Carbonatados. *Tecnología Química* [en línea]. Octubre, 2023, 43 (3), 533 - 552. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025] ISSN 2224-6185. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852023000300533
- PALACIO, D. Tratamiento de agua de bombeo y su relación en el ratio de consumo de sulfato férrico, en una planta productora de harina de pescado, Chancay, 2021. Tesis (Ingeniero Ambiental) Huacho: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2021. 108 pp [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/7426/TEISIS-DANAE%20SIARE%20PALACIO%20COLAN.pdf?isAllowed=y&sequence=1>.
- PARRA, F. y VARGAS, J., Sistema De Automatizacion De Una Planta De Tratamiento De Aguas Para Lavado Automotor En La Empresa Stopwash. Tesis (Título de Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones). Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2023. 105 pp [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10983/31250>.
- QUISPE, J. y VARGAS, M., Evaluación de Efluentes Industriales de Harina y Aceite de pescado para la producción de Biogás y metano en pruebas batch. *Dominio de las Ciencias - Dialnet - Universidad de La Rioja* [en línea]. Octubre, 2021, 7 (6), 115 - 128. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN: 2477-8818 Disponible en: <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/5110>.
- RAMÍREZ, J., Tratamiento de aguas residuales y problemáticas ambientales del sector textil en Colombia: una revisión. *Informador Técnico* [en línea]. 2023, 87 (1), 82-106. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN-e 2256-5035. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8901951>

- RAMOS, C. Los alcances de una investigación. *CienciAmérica* [en línea]. Octubre, 2020, 9 (3), 1-3. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN: 1390-9592. Disponible en: <http://orcid.org/0000-0001-5614-1994>
- RODRIGUEZ, J., RODRIGUEZ, D. y BURBANO, E. Quitosano aplicado en el tratamiento del agua residual de la producción de aceite de palma. *Agronomía Mesoamericana* [en línea]. Mayo, 2022, 33 (1), 44288. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN 2215-3608. Disponible en: doi: <https://doi.org/10.15517/am.v33i1.44288>.
- SÁNCHEZ H., y otros. Análisis De La Eficiencia Y La Eficacia Del Proceso De Tratamiento De Residuales Galvánicos En Una Empresa Metalmecánica. *Hatun Yachay Wasi* [en línea] Junio, 2022, 1(1), 96 – 111. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN: 2955 – 8255. Disponible en: <https://doi.org/10.57107/hyw.v1i1.14>.
- SAZONOV, D., y ANTONOVA, E. Common Issues in Aeration System Choice for Flotation Wastewater Treatment. *Current Applied Science and Technology* [en línea]. Junio, 2023, 24 (1), e0256800. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN: 2586-9396. Disponible en: <https://doi.org/10.55003/cast.2023.256800>.
- VÁSQUEZ, M. Gestión Del Tratamiento De Efluentes En La Producción De Harina De Pescado En Pesquera Hayduk S.A. Tesis (Título de Ingeniero Agroindustrial). Nuevo Chimbote: Universidad Nacional del Santa, 2021. 158 pp. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14278/3840>.
- VENTURA, J. ¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria. *Rev. cub. salud pública* [en línea]. Diciembre, 2017, 43 (4), 643 - 644. [fecha de consulta: 25 de julio de 2025]. ISSN 1561-3127. Disponible en: <https://www.scielo.org/article/rcsp/2017.v43n4/643-644/es/>

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia

Problema General	Objetivos General	Hipótesis General	Variables	Diseño metodológico
¿En qué medida la recuperación del agua clarificada reduce el consumo de insumos químicos durante el tratamiento de efluentes en la planta industrial de Austral Group S.A.A. en 2023?	Determinar el efecto de la recuperación del agua clarificada sobre el consumo de insumos químicos en el tratamiento de efluentes de Austral Group S.A.A. en 2023.	La recuperación del agua clarificada reduce el consumo de insumos químicos durante el tratamiento de efluentes en la planta industrial de Austral Group S.A.A. en 2023.	Variable independiente Agua clarificada Variable dependiente Insumos químicos	Tipo: Aplicada Enfoque: Cuantitativo Método: Deductivo Nivel: Explicativo Diseño: Pre experimental Población: Todos los procesos que componen la línea de tratamiento de agua (38 registros). Muestra: 35 registros de la separadora ambiental Técnica de recolección de datos: Observación directa Instrumento de recolección: Ficha de observación
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
¿En qué medida la recuperación de agua clarificada reduce el consumo específico de sulfato férrico?	Determinar el efecto de la recuperación de agua clarificada sobre el consumo del químico sulfato férrico.	La recuperación del agua clarificada reduce el consumo del químico sulfato férrico.		
¿En qué medida la recuperación agua clarificada reduce el consumo específico de Polychem 8420?	Determinar el efecto de la recuperación de agua clarificada sobre el consumo del químico Polychem 8420.	La recuperación del agua clarificada reduce el consumo del químico Polychem 8420.		
¿En qué medida la recuperación agua clarificada reduce el consumo específico de Polychem 8750?	Determinar el efecto de la recuperación de agua clarificada sobre el consumo del químico Polychem 8750.	La recuperación del agua clarificada reduce el consumo del químico Polychem 8750.		

Anexo 02. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	TÉCNICA/INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
VI: Agua clarificada	Es el proceso de reutilización del agua separada de grasas y sólidos durante el tratamiento de efluentes, empleada como diluyente en la preparación de soluciones químicas dentro del mismo sistema industrial (10).	Es medida a partir de la caracterización técnica del sistema de recirculación, considerando los componentes instalados, el tiempo de retención hidráulica (calculado como volumen del sistema entre caudal), la tipología del agua recuperada y la frecuencia de operación expresada en número de días activos durante el periodo de análisis.	Disponibilidad del agua clarificada	Tiempo de retención hidráulica (TRH) = $\frac{\text{Volumen del sistema}}{\text{Caudal}}$	Observación directa / Ficha de observación	Razón
				Nº de días de operación	Observación directa / Ficha de observación	Razón
			Calidad	Tipología del agua	Observación directa / Ficha de observación	Razón
			Infraestructura	Componentes del sistema	Observación directa / Ficha de observación	Nominal
VD: Consumo de insumos químicos	Es la cantidad de coagulantes y floculantes dosificados durante el tratamiento de efluentes, con el fin de remover sólidos y grasas mediante procesos físico-químicos (11).	Es evaluado a través del análisis de eficiencia operativa, considerando tres ratios específicos: el consumo de sulfato férrico, Polychem 8420 y Polychem 8750, expresados como la masa del insumo utilizado (en kilogramos) dividida entre el volumen total de agua de bombeo tratada (en metros cúbicos), obteniendo así una relación directa de insumo aplicado por unidad de tratamiento hídrico.	Eficiencia operativa	Ratio de consumo de sulfato férrico = $\frac{\text{Consumo de sulfato férrico (kg)}}{\text{Volumen total de agua de bombeo (m3)}}$	Observación directa / Ficha de observación	Razón
				Ratio de consumo de Polychem 8420 = $\frac{\text{Consumo de Polychem 8420 (kg)}}{\text{Volumen total de agua de bombeo (m3)}}$	Observación directa / Ficha de observación	Razón
				Ratio de consumo de Polychem 8750 = $\frac{\text{Consumo de Polychem 8750 (kg)}}{\text{Volumen total de agua de bombeo (m3)}}$	Observación directa / Ficha de observación	Razón

Anexo 03. Instrumentos de recolección de información

Formato 1: Lista de verificación técnica

Lista de verificación técnica			 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company
Nombre del responsable: Marco Antonio Astre			
Área/Unidad: Operativo			
Cargo del responsable: Supervisor			
Fecha de inspección: 02/05/2023			
Condiciones de operación: (X) Planta en operación () Planta detenida			
Ítem	Componente técnico verificado	Estado operativo (Sí/No)	Observación técnica relevante
1	Separadora ambiental (Noxon)	Sí	Equipo principal operativo, sin sensores de control.
2	Tanque de recolección de agua clarificada	Sí	Instalado aguas abajo del equipo separador.
3	Línea de retorno de agua clarificada hacia tanque químico	Sí	Instalación empírica, sin válvulas de control.
4	Bomba de retorno de agua clarificada	No	Ausente; retorno por gravedad no es continuo.
5	Medidor de caudal en línea de retorno	No	No instalado; se desconoce caudal real de retorno.
6	Válvulas de compuerta o control manual de flujo	Sí	Presentes pero con signos de corrosión externa.
7	Sistema de tuberías de acero inoxidable (AISI 304)	Sí	Instalación parcial; algunas secciones en PVC.
8	Acceso a puntos de muestreo de agua clarificada	Sí	Habilitados en la salida del tanque recolector.
9	Rejilla de prefiltrado para sólidos gruesos	No	No implementada; riesgo de arrastre de sólidos.
10	Punto de conexión para recirculación al sistema químico	Sí	Adaptado sobre línea de dosificación existente.

Formato 2: Ficha de observación de caudales

Observación de caudales				 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company
Nombre del responsable:		Marco Antonio Astre		
Área/Unidad:		Separadora Ambiental		
Cargo del responsable:		Supervisor		
Condiciones de operación: (X) Planta en operación () Planta detenida				
Obs.	Fecha	Tiempo (h)	Volumen (m³)	Caudal (m³/h)
1	1/05/2023	2.62	14.9	5.69
2	2/05/2023	2.61	16.4	6.28
3	3/05/2023	2.24	16.4	7.32
4	4/05/2023	2.15	13	6.05
5	5/05/2023	2.70	14.2	5.26
6	6/05/2023	2.32	16.3	7.03
7	7/05/2023	2.39	15.8	6.61
8	8/05/2023	2.49	15.5	6.22
9	9/05/2023	2.59	13.9	5.37
10	10/05/2023	2.67	17.7	6.63
11	11/05/2023	2.57	16.7	6.50
12	12/05/2023	2.57	16.3	6.34
13	13/05/2023	2.73	15.6	5.71
14	14/05/2023	2.42	13.2	5.45
15	15/05/2023	2.57	13.4	5.21
16	16/05/2023	2.54	13.9	5.47
17	17/05/2023	2.19	13.9	6.35
18	18/05/2023	2.15	15.5	7.21
19	19/05/2023	2.85	15.9	5.58
20	20/05/2023	2.69	15.4	5.72
Promedio		2.50	15.20	6.10

Formato 3: Ficha de observación de la tipología del agua clarificada

Observación la tipología del agua					 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	
Nombre del responsable: Marco Antonio Astre						
Área/Unidad: Separadora Ambiental						
Cargo del responsable: Supervisor						
Condiciones de operación: (X) Planta en operación () Planta detenida						
Fecha	Color	Turbidez visual	Presencia de sólidos visibles	Grasa residual (mg/L)	SST (mg/L)	pH
1/05/2023	Marrón claro	Media	Leve	45	85	6.8
2/05/2023	Amarillo claro	Media	Ausente	38	90	7
3/05/2023	Marrón claro	Baja	Leve	42	100	6.9
4/05/2023	Amarillo claro	Media	Leve	50	95	7.2
5/05/2023	Marrón claro	Alta	Moderada	47	110	6.5
6/05/2023	Amarillo claro	Media	Leve	35	80	6.7
7/05/2023	Marrón claro	Media	Leve	41	102	7.1
8/05/2023	Amarillo claro	Media	Ausente	37	98	6.9
9/05/2023	Marrón claro	Alta	Moderada	44	89	6.6
10/05/2023	Marrón claro	Media	Leve	39	91	6.8

Anexo 04. Autorización de uso de información de empresa



Austral Group S.A.A.
Austevoll Seafood Company

AUTORIZACION DE USO DE INFORMACIÓN DE EMPRESA

Ilo, 03 de julio del 2025

Por el presente, yo Karim Martin Quiroz Romero con DNI N° 32125688 actuando en calidad de jefe de Recursos Humanos de la empresa Austral Group S.S.A. Sede Ilo con RUC: 20338054115, ubicada en Pampa Caliche s/n Km. 7.5 Pacocha – ILO, autorizo formalmente el uso de los datos proporcionados por nuestra empresa para el propósito específico del desarrollo de tesis para optar por el título profesional de ingeniero en la Universidad Continental – Perú.

Los datos compartidos incluyen:

- información general de la empresa.
- información del tratamiento de efluentes
- Otra información tratamiento de lodos deshidratados

Entendemos que estos datos serán utilizados únicamente para el fin mencionado y serán manejados de acuerdo con las normativas legales vigentes sobre la privacidad y protección de datos personales. Nos comprometemos a colaborar en caso requiera alguna información adicional durante el desarrollo de la investigación.

Así mismo, confiamos que se respetará la confidencialidad de la información proporcionada y que, una vez concluida la investigación, los datos no serán utilizados para otros fines sin nuestro consentimiento previo por escrito.

Firmo esta carta en representación de la empresa, autorizando el uso de nuestros datos según lo especificado.

Sin más, agradecemos su interés y estamos a disposición para cualquier consulta adicional.

Atentamente


Austral Group S.A.A.
K. Martin Quiroz Romero
Jefe de Recursos Humanos Planta Ilo

Sede Central

Victor A. Belaúnde N°147
Torre Real 1, piso 3 - Centro
Empresarial Real - San Isidro
Código postal 15073 - Lima, Perú
Teléf: (51) (1) 7107000
(51) (1) 7085900

Oficina de Flota:

Av. Argentina 3028
Callao 01
Teléf: (51) (1) 4659580
Fax: (51) (1) 4656668

Planta Coishco:

Av. Villa del Mar 785
Coishco - Santa
Teléf: (51) (43) 290769
Fax: (51) (43) 290329

Planta Chancay:

Av. Prolong. Roosevelt 1008
Chancay - Lima
Teléf: (51) (1) 3771702 - 3771158
Fax: (51) (1) 3771632

Planta Pisco:

Lotiz. Santa Elena de Paracas
Mz. D Lotes 1/6
Paracas - Pisco
Teléf: (51) (56) 545015 - 545084
Fax: (51) (56) 545 112

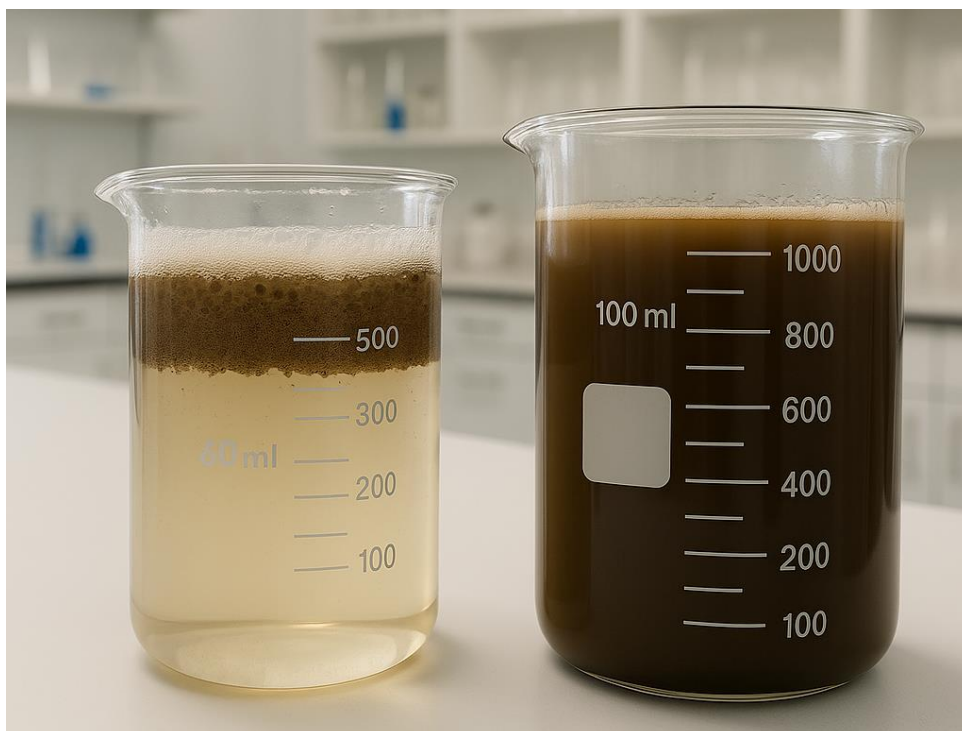
Planta Ilo:

Carretera Pampa Caliche s/n
km 7.5 Pacocha - Ilo
Teléf: (51) (53) 491164 - 491055

Anexo 05. Separadora ambiental



Anexo 06. Prueba de jarras



Anexo 07. Hoja técnica del sulfato férrico

kemira

Where water
meets chemistry™

KEMIRA FERIX-3

Gránulos de Sulfato Férrico

KEMIRA FERIX-3, el sulfato férrico $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{nH}_2\text{O}$, es un coagulante fácil de disolver y efectivo para el tratamiento del agua. KEMIRA FERIX-3 se basa en hierro trivalente (Fe^{3+}).

Especificación del producto

Aspecto	Gránulos de color amarillento-grisáceo
Hierro (Fe^{3+}) as is	$19,5 \pm 1,0 \%$
Hierro (Fe^{3+}) Base seca	$20,5 \pm 1,0 \%$
Hierro (Fe^{2+})	$<1,0 \%$
Ácido libre	$<1,5 \%$
Insolubles en Agua	$<1,0 \%$
Densidad volumétrica	$1200 \pm 100 \text{ kg/m}^3$

Note: El Fe^{3+} en base seca se mide utilizando el método de análisis basado en AWWA B406.

Propiedades Típicas

Sustancia activa	Approx. 3,7 mol/kg
Sulfato (SO_4) $^{2-}$	$52 \pm 3 \%$
Cloruro (Cl^-)	$<0,01 \%$
Análisis de Tamizaje $< 5 \text{ mm}$	$>99 \%$
Análisis de Tamizaje $< 0,2 \text{ mm}$	$<3 \%$
Análisis de Tamizaje 2 mm	50% (D_{50})
Angulo de reposo	37°

Calidad

KEMIRA FERIX-3 está certificado por NSF para una dosificación máxima de 275 mg/l y también cumple con el estándar AWWA B406.

Preparación de soluciones y dosificación

Los gránulos de KEMIRA FERIX-3 pueden diluirse en un tanque de almacenamiento equipado con un mezclador. Dosificación de 50% de agua y 50% de gránulos en peso produce una solución que contiene aprox. 10% Fe usando agua a temperatura ambiente

Hoja de datos técnicos
2021-03-30

y mezcla por unos 30 minutos. Este nivel de concentración no debe excederse bajo circunstancias normales. Para alcanzar la concentración máxima de 11,5% Fe, agregue más calor e incremente el tiempo de disolución.

Los materiales adecuados son plástico (PE, PP, PVC), poliéster reforzado con fibra de vidrio, titanio, acero revestido con goma o acero a prueba de ácido.

Almacenamiento

KEMIRA FERIX-3 es fácil de manejar y entregar debido a su estado sólido y forma granular. El producto es higroscópico y debe almacenarse en condiciones secas. El producto puede formar grumos si se lo almacena en un depósito húmedo. La formación de grumos no afecta el rendimiento del producto en el tratamiento de agua.

Manejo seguro

La solución de KEMIRA FERIX-3 es corrosiva. Su ingestión es nociva. Irrita ojos y piel. El contacto personal con KEMIRA FERIX-3 debe minimizarse a través de una buena ventilación.

Use gafas de seguridad para proteger los ojos o una máscara de seguridad, guantes de caucho y demás indumentaria de protección personal al trabajar con el producto. Evite la formación de polvo, de ser necesario, use respirador con el filtro para polvo. Cualquier persona responsable por utilizar o manejar KEMIRA FERIX-3 debe familiarizarse con todas las precauciones de seguridad descritas en nuestra Hoja de Datos de Seguridad.

Empaque y transporte

KEMIRA FERIX-3 se despacha a granel o en bolsas de 40 kg, 500 kg y 1100 kg.

Kemira pone a disposición de sus clientes esta información y pretende ser únicamente una guía para que el cliente pueda evaluar los productos. Debe probar nuestros productos para determinar si son adecuados al uso y aplicaciones para los que usted los necesita, así como desde el punto de vista medioambiental, de higiene y seguridad. Debe dar instrucciones a sus empleados, agentes, contratistas, clientes o terceros que pudieran verse expuestos a los productos sobre las precauciones que deben adoptar. Toda la información y la asistencia técnica se ofrece sin garantía y está sujeta a cualquier tipo de cambio sin previo aviso. Usted asume completa responsabilidad del cumplimiento de toda la información y precauciones, y de cumplimiento de todas las leyes, estatutos, ordenanzas y reglamentos de cualquier autoridad gubernamental aplicables en la transformación industrial, transporte, entrega, descarga, vertidos, almacenamiento, manejo, venta y utilización de cada producto. Nada de lo incluido aquí debe interpretarse como una recomendación para utilizar cualquier producto en conflicto con las patentes que cubren cualquier material o su utilización.

Kemira Oyj
Energiakatu 4
P.O. Box 330
FI-00101 Helsinki

Tel: +358 10 8611
www.kemira.com

North America
Tel: +1 770 436 1542
South America



	Página: 1
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	Fecha de revisión: 10.10.2023
	Fecha de impresión: 5/2/2024
	Número SDS: R1800075
FERIX-3	Versión: 1.1
920652	

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

Identificador del producto

Nombre comercial : FERIX-3

Uso recomendado del producto químico y restricciones de uso

Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad Solenis Perú SAC Ac Manuel Olguín 325-OF .505 Santiago de Surco - Lima Perú EHSPProductSafetyTeam@solenis.com	Teléfono de emergencia +51 983 097 798 Información del Producto +51 080055077 O póngase en contacto con su representante local de Solenis.
---	---

2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

Clasificación SGA

Toxicidad aguda (Oral) : Categoría 4

Corrosión o irritación cutáneas : Categoría 2

Lesiones o irritación ocular graves : Categoría 1

Elementos de etiquetado GHS

Pictogramas de peligro :



Palabra de advertencia : Peligro

Indicaciones de peligro : H302 Nocivo en caso de ingestión.
H315 Provoca irritación cutánea.
H318 Provoca lesiones oculares graves.

Consejos de prudencia : **Prevención:**
P264 Lavarse la piel concienzudamente tras la manipulación.
P270 No comer, beber ni fumar durante su utilización.



	Pagina: 2
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	Fecha de revisión: 10.10.2023
	Fecha de impresión: 5/2/2024
FERIX-3	Número SDS: R1800075
920652	Versión: 1.1

P280 Llevar guantes/equipo de protección para los ojos/ la cara.

Intervención:

P301 + P317 + P330 EN CASO DE INGESTIÓN: Buscar ayuda médica. Enjuagarse la boca.

P302 + P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con abundante agua.

P305 + P354 + P338 + P317 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar inmediatamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado. Buscar ayuda médica.

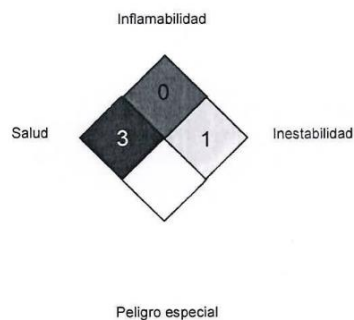
P332 + P317 En caso de irritación cutánea: buscar ayuda médica.

P362 + P364 Quitar las prendas contaminadas y lavarlas antes de volver a usarlas.

Eliminación:

P501 Eliminar el contenido/ el recipiente en una planta de eliminación de residuos autorizada.

NFPA:



Otros peligros que no dan lugar a la clasificación

Ninguna conocida.

3. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Sustancia / Mezcla : Mezcla

Componentes

Nombre químico	No. CAS	Concentración (% w/w)
SULFATO FÉRRICO	10028-22-5	>= 70 - < 90

 SOLENIS Strong bonds. Trusted solutions.	Pagina: 3	
	FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	
	Fecha de revisión: 10.10.2023	
	Fecha de impresión: 5/2/2024	
FERIX-3	Número SDS: R1800075	
	Versión: 1.1	
920652		

sulfato de hierro (II)	7720-78-7	>= 1 - < 10
ácido sulfúrico al	7664-93-9	>= 1 - < 2,5

4. PRIMEROS AUXILIOS

- Recomendaciones generales : Retire a la persona de la zona peligrosa.
Consultar a un médico.
Mostrar esta ficha de seguridad al doctor que esté de servicio.
No deje a la víctima desatendida.
- Si es inhalado : Si aspiró, mueva la persona al aire fresco.
En caso de inconsciencia, colocar en posición de recuperación y pedir consejo médico.
Si los síntomas persisten consultar a un médico.
- En caso de contacto con la piel : Quitar la ropa contaminada. Si una irritación aparece, consultar un médico.
Si esta en piel, aclare bien con agua.
Lave la ropa contaminada antes de volver a usarla.
- En caso de contacto con los ojos : En caso de contacto con los ojos, lávenlos inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.
Continuar lavando los ojos durante el transporte al hospital.
Retirar las lentillas.
Proteger el ojo no dañado.
- Por ingestión : Consulte al médico.
No provocar el vómito.
Enjuague la boca con agua.
No dar leche ni bebidas alcohólicas.
Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente.
Si los síntomas persisten consultar a un médico.
- Principales síntomas y efectos, agudos y retardados : Típicamente, la intoxicación por hierro ocurre en cuatro etapas: 1) (hasta 6 horas después de la ingestión) gastroenteritis que podría conducir a hipovolemia y acidosis o shock; 2) (6-12 horas después de la ingestión) resolución de los síntomas gastrointestinales durante la cual el paciente parece recuperarse; 3) hipotensión y acidosis continuados con
Los signos y síntomas de la exposición a este material, ya sea por inhalación, ingestión y/o absorción cutánea pueden incluir:
malestar estomacal o intestinal (náusea, vómitos, diarrea)
irritación (nariz, garganta, vías respiratorias)
Tos
asfixia
Insuficiencia respiratoria
cianosis (ocasiona la coloración azul de la piel y las uñas por la falta de oxígeno)
edema pulmonar (acumulación de fluido en el tejido pulmonar)
Dificultad respiratoria
Nocivo en caso de ingestión.

 SOLENIS Sirang bonds. Trusted solutions.	Pagina: 4
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	Fecha de revisión: 10.10.2023
	Fecha de impresión: 5/2/2024
FERIX-3	Número SDS: R1800075
920652	Versión: 1.1

Provoca irritación cutánea.
Provoca lesiones oculares graves.

Notas para el médico : La quelación del hierro con deferoxamina está indicada para niveles de hierro sérico mayores de 350 ug/dL con evidencia de toxicidad o mayores de 500 ug/dL haya o no señales o síntomas de toxicidad por hierro.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Medios de extinción apropiados : Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores.
Spray de agua
Espuma

Medios de extinción no apropiados : Chorro de agua de gran volumen

Peligros específicos en la lucha contra incendios : No permita que las aguas de extinción entren en el alcantarillado o en los cursos de agua.

Productos de combustión peligrosos : óxidos de azufre
emanaciones tóxicas
óxidos de hierro
compuestos de azufre
vapores corrosivos

Métodos específicos de extinción : El producto es compatible con agentes estándar para la extinción de incendios.

Los restos del incendio y el agua de extinción contaminada deben eliminarse según las normas locales en vigor.

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios : En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autónomo.

6. MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia : Utilícese equipo de protección individual.
Evite la formación de polvo.
Evitar respirar el polvo.
Deben excluirse de la zona de vertido del producto a aquellas personas que no lleven un equipo protector hasta que se haya completado la limpieza.
Cumplir todos los reglamentos federales, estatales y locales aplicables.

Precauciones relativas al medio ambiente : Evite que el producto penetre en el alcantarillado.
Impedir nuevos escapes o derrames si puede hacerse sin riesgos.
Si el producto contaminara ríos, lagos o alcantarillados, informar a las autoridades respectivas.

 SOLENIS Strong bonds. Trusted solutions.	Página: 5
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	Fecha de revisión: 10.10.2023
	Fecha de impresión: 5/2/2024
	Número SDS: R1800075
FERIX-3	Versión: 1.1
920652	

Métodos y material de contención y de limpieza : Guardar en contenedores apropiados y cerrados para su eliminación.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Indicaciones para la protección contra incendio y explosión : Evite la formación de polvo.
Tomar medidas para impedir la acumulación de descargas electrostáticas.
Debe disponer de extracción adecuada en aquellos lugares en los que se forma polvo.

Consejos para una manipulación segura : Evite la formación de polvo.
No respirar vapores/polvo.
No fumar.
Contenedor peligroso cuando está vacío.
Evítese el contacto con los ojos y la piel.
No fumar, no comer ni beber durante el trabajo.
Equipo de protección individual, ver sección 8.
Eliminar el agua de enjuague de acuerdo con las regulaciones nacionales y locales.

Condiciones para el almacenaje seguro : Conservar el envase herméticamente cerrado en un lugar seco y bien ventilado.
No fumar.
Las instalaciones eléctricas y los materiales de trabajo deben estar conforme a las normas de seguridad.

Más información acerca de la estabilidad durante el almacenamiento : No se descompone si se almacena y aplica como se indica.

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN/ PROTECCIÓN INDIVIDUAL

Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

Componentes	No. CAS	Tipo de valor (Forma de exposición)	Parámetros de control / Concentración permisible	Base
SULFATO FÉRRICO	10028-22-5	TWA	1 mg/m3 (Hierro)	PE OEL
Otros datos: Los términos solubles e insolubles se entienden con referencia al agua				
sulfato de hierro (II)	7720-78-7	TWA	1 mg/m3 (Hierro)	PE OEL
Otros datos: Los términos solubles e insolubles se entienden con referencia al agua				
ácido sulfúrico al	7664-93-9	TWA	1 mg/m3	PE OEL
		STEL	3 mg/m3	PE OEL

Medidas de ingeniería : Se debe proporcionar suficiente ventilación mecánica (general y/o mediante extracción local) para mantener la exposición por debajo de las pautas de exposición (si corresponde) o por

 SOLENIS Strong bonds. Trusted solutions.	Pagina: 6
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	Fecha de revisión: 10.10.2023
	Fecha de impresión: 5/2/2024
FERIX-3	Número SDS: R1800075
920652	Versión: 1.1

debajo de los niveles que pueden provocar efectos negativos conocidos, sospechados o evidentes.
 Debe disponer de extracción adecuada en aquellos lugares en los que se forma polvo.

Protección personal

Protección de las manos

Observaciones : La conveniencia para un lugar de trabajo específico debe de ser tratada con los productores de los guantes de protección.

Protección de los ojos : Gafas de seguridad

Protección de la piel y del cuerpo : Llevar cuando sea apropiado:
 Zapatos de seguridad
 Traje protector impermeable al polvo
 Elegir una protección para el cuerpo según la cantidad y la concentración de la sustancia peligrosa en el lugar de trabajo.
 Utilice guantes resistentes (consulte con su proveedor de equipos de seguridad).
 Deseche los guantes que presenten rasgaduras, agujeros o signos de desgaste.

Medidas de higiene : Evitar respirar el polvo.
 Lávense las manos antes de los descansos y después de terminar la jornada laboral.
 No comer ni beber durante su utilización.
 No fumar durante su utilización.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto : granulado

Color : amarillo oscuro

Olor : inodoro

Umbral olfativo : Sin datos disponibles

pH : < 2
 Concentración: 10

Punto de fusión/ punto de congelación : Sin datos disponibles

Punto /intervalo de ebullición : Sin datos disponibles

Punto de inflamación : No aplicable

	Pagina: 7
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	Fecha de revisión: 10.10.2023
	Fecha de impresión: 5/2/2024
FERIX-3	Número SDS: R1800075
920652	Versión: 1.1

Tasa de evaporación	: Sin datos disponibles
Inflamabilidad (sólido, gas)	: Sin datos disponibles
Autoencendido	: Sin datos disponibles
Límite superior de explosividad / Límites de inflamabilidad superior	: Sin datos disponibles
Límites inferior de explosividad / Límites de inflamabilidad inferior	: Sin datos disponibles
Presión de vapor	: Sin datos disponibles
Densidad relativa del vapor	: Sin datos disponibles
Densidad relativa	: Sin datos disponibles
Densidad	: 1,2 - 1,4 g/cm3 (20 °C)
Solubilidad(es)	
Solubilidad en agua	: Sin datos disponibles
Solubilidad en otros disolventes	: Sin datos disponibles
Coefficiente de reparto n-octanol/agua	: Sin datos disponibles
Temperatura de descomposición	: Sin datos disponibles
Viscosidad	
Viscosidad, dinámica	: Sin datos disponibles
Viscosidad, cinemática	: Sin datos disponibles
Propiedades comburentes	: Sin datos disponibles
Tamaño de partícula	: Sin datos disponibles

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Reactividad	: No se descompone si se almacena y aplica como se indica.
Estabilidad química	: Estable bajo las condiciones de almacenamiento recomendadas.
Posibilidad de reacciones peligrosas	: El producto no experimentará polimerización peligrosa.
Condiciones que deben	: Manténgalo alejado del calor, fuego, chispas y otras fuentes

	Pagina: 8
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	Fecha de revisión: 10.10.2023
	Fecha de impresión: 5/2/2024
FERIX-3	Número SDS: R1800075
920652	Versión: 1.1

evitarse

de ignición.

Materiales incompatibles : Anhídridos de ácido
 Ácidos
 Alcoholes
 Aldehídos
 Aminas
 Bases
 carburo
 carbonatos
 Material combustible
 Cobre
 Cianuros
 glicoles
 halógenos
 Metales
 Materiales orgánicos
 compuestos nitrogenados orgánicos
 Potasio
 Metales en polvo
 Agentes oxidantes fuertes
 agentes reductores fuertes
 sulfuros
 sulfitos
 agua

Productos de descomposición peligrosos : Compuestos de azufre
 Óxidos de azufre
 emanaciones tóxicas
 Óxidos de metal
 vapores corrosivos

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad aguda

Nocivo en caso de ingestión.

Componentes:

SULFATO FÉRRICO:

Toxicidad oral aguda : DL50 (Rata, machos y hembras): > 500 - < 2.000 mg/kg
 Método: Directrices de ensayo 423 del OECD
 BPL: si

Toxicidad cutánea aguda : DL50 (Rata, machos y hembras): > 2 g/kg
 Método: Directrices de ensayo 402 del OECD
 BPL: si
 Valoración: No clasificado como agudamente tóxico por absorción dérmica según el GHS.
 Observaciones: La información dada esta basada sobre los datos obtenidos con sustancias similares.

sulfato de hierro (II):

Toxicidad oral aguda : DL50 (Ratón): 1.520 mg/kg

	Pagina: 9
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	Fecha de revisión: 10.10.2023
	Fecha de impresión: 5/2/2024
FERIX-3	Número SDS: R1800075
920652	Versión: 1.1

ácido sulfúrico al:

Toxicidad oral aguda : DL50 (Rata): 2.140 mg/kg

Toxicidad aguda por inhalación : Valoración: No clasificado como agudamente tóxico por inhalación según el GHS.

Corrosión o irritación cutáneas

Provoca irritación cutánea.

Producto:

Observaciones : Puede causar irritaciones en la piel y/o dermatitis.

Componentes:

SULFATO FÉRRICO:

Especies : Conejo
Método : Directrices de ensayo 404 del OECD
Resultado : Produce irritaciones en la piel
BPL : si

sulfato de hierro (II):

Resultado : Produce irritaciones en la piel

ácido sulfúrico al:

Resultado : Provoca quemaduras graves.

Lesiones o irritación ocular graves

Provoca lesiones oculares graves.

Producto:

Observaciones : Puede lesionar los ojos de forma irreversible.

Componentes:

SULFATO FÉRRICO:

Especies : Conejo
Método : Directrices de ensayo 405 del OECD
Resultado : Riesgo de lesiones oculares graves.
BPL : si

sulfato de hierro (II):

Resultado : Irritación ocular

ácido sulfúrico al:

Resultado : Es corrosivo para los ojos

	Pagina: 10
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	Fecha de revisión: 10.10.2023
	Fecha de impresión: 5/2/2024
FERIX-3	Número SDS: R1800075
920652	Versión: 1.1

Sensibilización respiratoria o cutánea

Sensibilización cutánea

No está clasificado en base a la información disponible.

Sensibilización respiratoria

No está clasificado en base a la información disponible.

Componentes:

SULFATO FÉRRICO:

Tipo de Prueba : Ensayo de ganglio linfático local (LLNA)
 Especies : Ratón
 Método : Directrices de ensayo 429 del OECD
 BPL : si
 Observaciones : La información dada esta basada sobre los datos obtenidos con sustancias similares.

Mutagenicidad en células germinales

No está clasificado en base a la información disponible.

Componentes:

SULFATO FÉRRICO:

Genotoxicidad in vitro : Tipo de Prueba: Prueba de Ames
 Sistema experimental: Salmonella typhimurium
 Activación metabólica: con o sin activación metabólica
 Método: Directrices de ensayo 471 del OECD
 Resultado: negativo
 Observaciones: La información dada esta basada sobre los datos obtenidos con sustancias similares.

Tipo de Prueba: Ensayo de micronúcleos
 Sistema experimental: células pulmonares del hámster chino
 Activación metabólica: con o sin activación metabólica
 Método: Directrices de ensayo 487 del OECD
 Resultado: negativo
 BPL: si
 Observaciones: La información dada esta basada sobre los datos obtenidos con sustancias similares.

Genotoxicidad in vivo : Tipo de Prueba: Ensayo de micronúcleos
 Especies: Ratón (hembra)
 Resultado: negativo
 Observaciones: La información dada esta basada sobre los datos obtenidos con sustancias similares.

Tipo de Prueba: Ensayo de micronúcleos
 Especies: Ratón (hembra)
 Resultado: negativo
 Observaciones: La información dada esta basada sobre los datos obtenidos con sustancias similares.

Carcinogenicidad

No está clasificado en base a la información disponible.

	Pagina: 11
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	Fecha de revisión: 10.10.2023
	Fecha de impresión: 5/2/2024
FERIX-3	Número SDS: R1800075
920652	Versión: 1.1

Toxicidad para la reproducción

No está clasificado en base a la información disponible.

Componentes:

SULFATO FÉRRICO:

Toxicidad para la reproducción : Ninguna toxicidad para la reproducción
reproducción - Valoración

Toxicidad específica en determinados órganos (stot) - exposición única

No está clasificado en base a la información disponible.

Toxicidad específica en determinados órganos (stot) - exposiciones repetidas

No está clasificado en base a la información disponible.

Toxicidad por aspiración

No está clasificado en base a la información disponible.

Otros datos

Producto:

Observaciones : Sin datos disponibles

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Ecotoxicidad

Producto:

Evaluación Ecotoxicológica

Toxicidad acuática aguda : Este producto no tiene efectos ecotoxicológicos conocidos.

Componentes:

SULFATO FÉRRICO:

Toxicidad para los peces : CL50 (Oncorhynchus mykiss (Trucha irisada)): > 100 mg/l
Tiempo de exposición: 96 h
Tipo de Prueba: Ensayo dinámico
Controlo analítico: si
Método: Directrices de ensayo 203 del OECD
BPL: si

Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos : CE50 (Daphnia longispina (Copépodo)): 11,5 mg/l
Tiempo de exposición: 48 h
Tipo de Prueba: Ensayo estático
Observaciones: mortalidad

Toxicidad para las algas/plantas acuáticas : CE50 (algas verdes): aprox. 20 mg/l
Tiempo de exposición: 72 h
Tipo de Prueba: Ensayo estático
Observaciones: La información dada esta basada sobre los datos obtenidos con sustancias similares.

Toxicidad para los peces (Toxicidad crónica) : NOEC: > 1 mg/l
Tiempo de exposición: 33 d

	Pagina: 12
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	Fecha de revisión: 10.10.2023
	Fecha de impresión: 5/2/2024
FERIX-3	Número SDS: R1800075
920652	Versión: 1.1

Especies: Pimephales promelas (Piscardo de cabeza gorda)
 Tipo de Prueba: Ensayo semiestático
 Observaciones: La información dada esta basada sobre los datos obtenidos con sustancias similares.

Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos (Toxicidad crónica) : NOEC: > 1 mg/l
 Tiempo de exposición: 21 d
 Especies: Daphnia

sulfato de hierro (II):

Evaluación Ecotoxicológica

Toxicidad acuática crónica : Este producto no tiene efectos ecotoxicologicos conocidos.

ácido sulfúrico al:

Toxicidad para los peces : CL50 (Lepomis macrochirus (Pez-luna Blugill)): > 28 mg/l
 Tiempo de exposición: 96 h
 Método: Ensayo estático
 Observaciones: mortalidad

CL50 (Lepomis macrochirus (Pez-luna Blugill)): 16 - 28 mg/l
 Tiempo de exposición: 96 h
 Método: Ensayo estático
 Observaciones: mortalidad

Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos : CE50 (Daphnia magna (Pulga de mar grande)): > 100 mg/l
 Tiempo de exposición: 48 h
 Método: Ensayo estático

Toxicidad para las algas/plantas acuáticas : CE50 (Desmodesmus subspicatus (alga verde)): > 100 mg/l
 Tiempo de exposición: 72 h

Persistencia y degradabilidad

Componentes:

SULFATO FÉRRICO:

Biodegradabilidad : Resultado: Los métodos para la determinación de biodegradabilidad no es aplicable para las sustancias inorgánicas.

ácido sulfúrico al:

Biodegradabilidad : Resultado: Los métodos para la determinación de biodegradabilidad no es aplicable para las sustancias inorgánicas.

Potencial de bioacumulación

Sin datos disponibles

Movilidad en el suelo

Sin datos disponibles

	Pagina: 13
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	Fecha de revisión: 10.10.2023
	Fecha de impresión: 5/2/2024
	Número SDS: R1800075
FERIX-3 920652	Versión: 1.1

Otros efectos adversos

Producto:

Información ecológica complementaria : Sin datos disponibles

13. CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA ELIMINACIÓN

Métodos de eliminación.

Residuos : Eliminar, observando las normas locales en vigor.

No eliminar el desecho en el alcantarillado.
No contaminar los estanques, ríos o acequias con producto químico o envase usado.
Envíese a una compañía autorizada para la gestión de desechos.

Envases contaminados : Vaciar el contenido restante.
Eliminar como producto no usado.
Los contenedores vacíos deben ser llevados a un sitio de manejo aprobado para desechos, para el reciclado o eliminación.
No reutilizar los recipientes vacíos.

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

Regulaciones internacionales

IATA-DGR

No está clasificado como producto peligroso.

Código-IMDG

No está clasificado como producto peligroso.

Transporte a granel de acuerdo con los instrumentos de la OMI

No aplicable al producto suministrado.

Regulación doméstica

No está clasificado como producto peligroso.

Precauciones particulares para los usuarios

La(s) clasificación(es) de transporte presente(s) tienen solamente propósitos informativos y se basa(n) únicamente en las propiedades del material sin envasar/embalar, descritas dentro de esta Ficha de Datos de Seguridad. Las clasificaciones de transporte pueden variar según el modo de transporte, el tamaño del envase/embalaje y las variaciones en los reglamentos regionales o del país.

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Ley de control de insumos químicos y productos fiscalizados : No aplicable

	Pagina: 14
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	Fecha de revisión: 10.10.2023
	Fecha de impresión: 5/2/2024
FERIX-3	Número SDS: R1800075
920652	Versión: 1.1

Regulaciones internacionales

Los componentes de este producto están presentados en los inventarios siguientes:

TCSI	: En o de conformidad con el inventario
TSCA	: Todas las sustancias enumeradas como activas en el inventario TSCA
AIIC	: En o de conformidad con el inventario
DSL	: Todos los componentes de este producto están en la lista canadiense DSL
ENCS	: En o de conformidad con el inventario
KECI	: En o de conformidad con el inventario
PICCS	: En o de conformidad con el inventario
IECSC	: En o de conformidad con el inventario

16. OTRA INFORMACIÓN

Otros datos

formato para la fecha : dd/mm/aaaa

Texto completo de otras abreviaturas

PE OEL : Peru. Aprueban Reglamento sobre Valores Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo.

PE OEL / TWA : Concentración media ponderada en el tiempo
PE OEL / STEL : Límite de Exposición de Corta Duración

AIIC - Inventario de productos químicos industriales de Australia; ANTT - Agencia Nacional de Transporte Terrestre de Brasil; ASTM - Sociedad Estadounidense para la Prueba de Materiales; bw - Peso corporal; CMR - Carcinógeno, mutágeno o tóxico para la reproducción; DIN - Norma del Instituto Alemán para la Normalización; DSL - Lista Nacional de Sustancias (Canadá); ECx - Concentración asociada con respuesta x%; ELx - Tasa de carga asociada con respuesta x%; EmS - Procedimiento de emergencia; ENCS - Sustancias Químicas Existentes y Nuevas (Japón); ErCx - Concentración asociada con respuesta de tasa de crecimiento x%; ERG - Guía de respuesta ante emergencias; GHS - Sistema Globalmente Armonizado; GLP - Buena práctica de laboratorio; IARC - Agencia Internacional para la investigación del cáncer; IATA - Asociación Internacional de Transporte Aéreo; IBC - Código internacional para la construcción y equipamiento de Embarcaciones que transportan químicos peligros a granel; IC50 - Concentración inhibitoria máxima media; ICAO - Organización Internacional de Aviación Civil; IECSC - Inventario de Sustancias Químicas en China; IMDG - Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas; IMO - Organización Marítima Internacional; ISHL - Ley de Seguridad e Higiene Industrial (Japón); ISO - Organización Internacional para la Normalización; KECI - Inventario de Químicos Existentes de Corea; LC50 - Concentración letal para 50% de una población de prueba; LD50 - Dosis letal para 50% de una población de prueba (Dosis letal mediana); MARPOL - Convenio Internacional para prevenir la Contaminación en el mar por los

	Pagina: 15
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD	Fecha de revisión: 10.10.2023
	Fecha de impresión: 5/2/2024
FERIX-3	Número SDS: R1800075
920652	Versión: 1.1

buques; n.o.s. - N.E.P.: No especificado en otra parte; Nch - Norma chilena; NO(A)EC - Concentración de efecto (adverso) no observable; NO(A)EL - Nivel de efecto (adverso) no observable; NOELR - Tasa de carga de efecto no observable; NOM - Norma Oficial Mexicana; NTP - Programa Toxicológico Nacional; NZIoC - Inventario de Químicos de Nueva Zelanda; OECD - Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico; OPPTS - Oficina para la Seguridad Química y Prevención de Contaminación; PBT - Sustancia persistente, bioacumulativa y tóxica; PICCS - Inventario Filipino de Químicos y Sustancias Químicas; (Q)SAR - Relación estructura-actividad (cuantitativa); REACH - Reglamento (EC) No 1907/2006 del Parlamento y Consejo Europeos con respecto al registro, evaluación autorización y restricción de químicos; SADT - Temperatura de descomposición autoacelerada; SDS - Ficha de datos de seguridad; TCSI - Inventario de Sustancias Químicas de Taiwán; TDG - Transporte de mercancías peligrosas; TECI - Inventario de productos químicos existentes de Tailandia; TSCA - Ley para el Control de Sustancias Tóxicas (Estados Unidos); UN - Naciones Unidas; UNRTDG - Recomendaciones para el Transporte de Mercancías Peligrosas de las Naciones Unidas; vPvB - Muy persistente y muy bioacumulativo; WHMIS - Sistema de Información de Materiales Peligrosos en el Sitio de Trabajo

Fuentes de los principales datos utilizados para elaborar la ficha

Principales referencias de documentación y fuentes de los datos

Datos internos de SOLENIS

Datos internos de SOLENIS, incluidos informes de pruebas propias y patrocinadas

La Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE); administra los acuerdos regionales que implementan la clasificación armonizada de etiquetado (Globally Harmonized System, GHS) y transporte.

La información proporcionada en esta Ficha de Datos de Seguridad, es la más correcta de que disponemos a la fecha de su publicación. La información suministrada, está concebida solamente como una guía para la seguridad en el manejo, uso, procesado, almacenamiento, transporte, eliminación y descarga, y no debe ser considerada como una garantía o especificación de calidad. La información se refiere únicamente al material especificado, y no puede ser válida para dicho material, usado en combinación con otros materiales o en cualquier proceso, a menos que sea indicado en el texto. Esta SDS ha sido preparada por el Departamento de Medioambiente, Salud y Seguridad de Solenis.

PE / ES

HOJA RESUMEN DE SEGURIDAD PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

SOLENIS PERU SAC	TELÉFONO.: (01) 7111230
------------------	-------------------------

FERIX 3	CLASE	NO APLICA
	N° ONU	NO APLICA
Es un Agente Coagulante de Hierro.		

PELIGROS	a) Causa irritación, enrojecimiento y eccemas a la piel. b) Causa irritación a los ojos y por ingestión causa indisposición y vómito. c) Causa irritación por inhalación, la solución acuosa es corrosiva.
EQUIPO DE PROTECCIÓN QUE DEBE LLEVAR EL VEHÍCULO	• Un calzo de dimensiones apropiadas para el vehículo y el diámetro de las ruedas. • Señales de peligro (conos o triángulos de seguridad) • Chaleco(s) o ropa fluorescente • Linterna de mano no metálica • Guantes protectores • Gafas o pantallas protectoras de ojos • Líquido para el Lavado de ojos
ACCIONES INMEDIATAS POR PARTE DEL CONDUCTOR ANTE LA EMERGENCIA	• Aplicar el sistema de freno, apagar el motor y, de ser posible, desconectar la batería. • No provocar fuego o fumar ni activar ningún equipo eléctrico. • Colocar las señales de peligro • Mantener las personas alejadas del área de peligro • No caminar sobre el material derramado ni tocarlo. • Mantenerse fuera de la dirección del viento que arrastra los gases u olores del material. • Notificar de inmediato a la policía, bomberos y a la empresa de transporte. • Tener a la mano los documentos de transporte para ser entregados a las autoridades o equipos de emergencia.
DERRAME	No permita que el producto entre en contacto con el ambiente. No tocar los contenedores dañados o el material derramado a menos que esté usando la ropa protectora adecuada. Maneje mecánicamente y recoja en un recipiente conveniente para su disposición. Diluya los restos con agua y neutralice con cal o polvo de caliza. Disponga de ellos como residuos peligrosos de acuerdo con las normas locales y nacionales.
INCENDIO	• Combata el incendio desde una distancia máxima o utilice soportes fijos para mangueras o chiflones regulados. • El producto no es flamable por sí solo, en caso de incendio utilice polvos químicos secos, dióxido de carbono, rocío de agua o espuma.
PRIMEROS AUXILIOS	CONTACTO CON LA PIEL: Lavarse inmediatamente con abundante agua y jabón. CONTACTO CON LOS OJOS: Lave inmediatamente con agua por lo menos durante 15 minutos. INHALACIÓN: Remueva la víctima del local contaminado. Suelte las ropas, y si es necesario, aplique respiración artificial. Llame inmediatamente asistencia médica INGESTIÓN: No de nada a la víctima si esta inconsciente o con convulsiones. No induzca al vómito. Llame inmediatamente asistencia médica. Si la víctima esta consciente, dele de bicarbonato sódico (sol. 5%) , beber leche o agua.
TELÉFONOS DE EMERGENCIA	BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL PERÚ 116 POLICÍA NACIONAL DEL PERÚ 105 SOLENIS PERU SAC. (01) 7111230

Fecha de Emisión de la Hoja Resumen: 03/05/24	Versión de la Hoja Resumen: 001
---	---------------------------------

Sacos de	kg de Ferix 3
----------	---------------

Anexo 08. Hoja técnica de POLYCHEM PA 8750

HOJA TÉCNICA



Oficina: Calle Monterrey 341 Ofc. 705
Urb. Chacarilla Santiago de Surco
Lima 33 - Perú
Planta: Calle A Mz. O Lt. 13
Las Selvas de Lurin, Lima 16 - Perú
Tel.: (51-1) 372 4162
Teléfax: (51-1) 372 4340
informes@grand-invest.com
www.grand-invest.com

Última Revisión: 25/06/13

Vigencia: 1 año

POLYCHEM PA 8750

El producto POLYCHEM PA 8750 está diseñado para ser usado como agente Floculante en deshidratación de lodos logrando una elevada captura de sólidos y en clarificación disminuyendo la concentración de partículas coloidales que causan turbidez y color.

CARACTERÍSTICAS

POLYCHEM PA 8750 es un polímero aniónico en polvo de peso molecular alto y de densidad de carga alta. Especialmente desarrollado para que su carga electrostática específica altere el potencial zeta para valores próximos a cero, reduciendo la resistencia a la coagulación, promoviendo una floculación adecuada de partículas coaguladas en la filtración de centrifugas, filtros banda, filtros prensa para mayor producción, sólidos en la torta y captura de sólidos. Actúa bien en un amplio rango de pH.

APLICACIÓN

La dosificación recomendada de POLYCHEM PA 8750 depende de pruebas de campo específicas, bajo distintas condiciones del proceso, además de una evaluación previa de los equipos de deshidratación y clarificación usados.

PROPIEDADES

GRAVEDAD ESPECÍFICA (g/cm ³) :	0.650 – 0.850
PUNTO DE CONGELAMIENTO (°C):	NA
PUNTO DE FUSIÓN (°C):	NA
PUNTO DE INFLAMACIÓN (°C):	NA
VISCOSIDAD (25°C) (cps 0,1%):	200
pH (25°C)(solución al 0.5% en agua):	5.0 – 7.0
SOLUBILIDAD (%):	1.5 (Solución acuosa)
OLOR:	Inodoro
APARIENCIA COLOR:	Blanco
ASPECTO FÍSICO:	Polvo
TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN (°C):	> 150 °C
TEMPERATURA DE DESCOMPOSICIÓN(°C) :	>150 °C

DENSIDAD DEL VAPOR (AIRE = 1): < 1,00

ENVASADO Y ALMACENAMIENTO

POLYCHEM PA 8750 se comercializa envasado en bolsas de polietileno de 25 Kg.
Almacenar en lugares frescos, al amparo de rayos del sol y temperaturas muy frías, evite congelamiento. Los materiales recomendados para almacenamiento son: acero inoxidable, fibra de vidrio, plástico. No utilice hierro, cobre ni aluminio.

SEGURIDAD, HIGIENE Y MANEJO

Todo producto químico exige precauciones en cuanto a su manejo, almacenamiento y descarte.

Recomendamos la lectura atenta de la Hoja de Seguridad del Producto y el cumplimiento de las instrucciones contenidas en ella.

Anexo 09. Hoja de seguridad de POLYCHEM PA 8750

HOJA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO

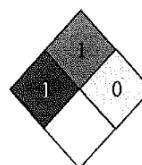


Última Revisión: 24/07/21

Vigencia: 1 año

IDENTIFICACIÓN DE LA SUSTANCIA / PREPARADO

Nombre del Producto: POLYCHEM PA 8750
Descripción del Producto: Polímero en Polvo de Carga Aniónica
Uso: Agente Flocculante



COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

INGREDIENTES PELIGROSOS
No hay componentes peligrosos

IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

RIESGOS HUMANOS Y AMBIENTALES
Ninguno

PRIMEROS AUXILIOS

Ingestión:
Llamar a un médico inmediatamente si se traga. Sólo inducir vómitos bajo dirección médica. Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente.

Contacto con la piel:
Lavarse inmediatamente con abundante agua y jabón.

Contacto con los ojos:
Enjuagar inmediatamente con abundancia de agua por lo menos durante 15 minutos.

Inhalación:
No se anticipa que el material sea lesivo por inhalación. Retirar la víctima al aire libre.

MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Medios de extinción adecuados:
Utilizar agua, dióxido de carbono o un agente químico seco.

EQUIPAMIENTO PROTECTOR
Los bomberos y otras personas que pudieran estar expuestas deben usar aparatos respiratorios autónomos.

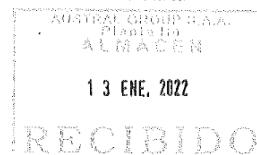
PELIGROS ESPECIALES
El polvo puede ser explosivo si se mezcla con el aire en proporciones críticas y en la presencia de una fuente de ignición.

Non-Printing Label
Mantener buena limpieza para controlar las acumulaciones de polvo.

MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Precauciones individuales:
Refiérase a la Sección Controles de Exposición / Protección Personal para el Equipo de Protección Personal Aprobado.

Métodos de limpieza:
Resbaladizo cuando está mojado. Barrer y colocarlo en recipientes para descarte. Enjuagar con agua el área del derrame. Si permanece resbaladizo, aplicar más compuesto para barrido en seco. Evitar que el líquido ingrese a desagües sanitarios.



HOJA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO



MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación

Mantener buena limpieza para controlar las acumulaciones de polvo.

Almacenamiento

Para evitar la degradación del producto y la corrosión del equipo, no utilizar contenedores ni equipo de hierro, cobre o aluminio.

Temperatura de almacenamiento: Almacenar a 5 - 27 °C

Razón: Integridad.

CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

PARAMETROS DE CONTROL - Límites

No se han establecido valores

Disposiciones de Ingeniería:

Generalmente no hacen falta controles de ingeniería si se siguen buenas prácticas de higiene.

Protección respiratoria:

No se recomienda ninguno.

Protección de los ojos:

Usar protección ocular/ facial.

Protección de la piel:

Evitar contacto con la piel. Usar guantes impermeables.

Consejos adicionales:

Antes de comer, beber o fumar, lavarse la cara y las manos minuciosamente con jabón y agua.

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Color:	Blanco
Aspecto:	Sólido
Olor:	Inodoro
Temperatura de ebullición/rango	No aplicable
Temperatura de fusión:	No aplicable
Presión de vapor:	No aplicable
Gravedad Específicas:	0.65 - 0.85
Densidad de vapor:	No aplicable
% VOLÁTIL (Por peso):	7 - 12 (agua)
pH (25°C)(solución al 1.0 % en agua):	6.5 - 8.5
Índice de evaporación:	No aplicable
SOLUBILIDAD EN EL AGUA:	Limitado por la viscosidad
Punto de inflamación:	No aplicable
LÍMITES DE INFLAMABILIDAD (% Por Vol):	No aplicable
Temperatura de autoignición:	>150 °C
Temperatura de descomposición:	>150 °C

ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad:	Estable
Condiciones a evitar:	No conocidos
Polymerización:	No ocurrirá
Condiciones a evitar:	No conocidos
Materias a evitar:	Agentes oxidantes fuertes.
Productos de descomposición peligrosos:	Monóxido de carbono, dióxido de carbono, amoníaco y óxidos de nitrógeno

HOJA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO



INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Efectos potenciales sobre la salud
Ninguno

DATOS SOBRE LA TOXICIDAD DEL PRODUCTO

Toxicidad aguda			
Oral	rata	DL50 Aguda	>2500 mg/kg
Dermal	conejo	DL50 Aguda	>10000 mg/kg
Inhalación	rata	DL50 Aguda 4hr	>20 mg/l

EFFECTOS LOCALES EN PIEL Y OJOS

Irritación Aguda	dermal	No irritante
Irritación Aguda	ojo	No irritante

SENSITIZACIÓN ALERGICA

Sensibilización	dermal	No sensibilizante
Sensibilización	Inhalación	No sensibilizante

GENOTOXICIDAD

Ensayos para Mutaciones Genéticas
Prueba Salmonella Ensayo No hay datos

INFORMACIONES ECOLÓGICAS

Este material no se clasifica como peligroso para el ambiente.
Toda la información ecológica provista se realizó en un producto estructuralmente similar.
La toxicidad aguda prueba conducido usando ambientalmente el agua representativa dio los resultados siguientes:

RESULTADOS DE PRUEBAS EN ALGAS

Test: Inhibición de Crecimiento (OECD 201)
Duración: 72 hr
Especie: Alga verde (*Selenastrum capricornutum*)
>100 mg/l IC50

RESULTADOS DE PRUEBA EN PECES

Test: Toxicidad aguda, agua dulce (OECD203)
Duración: 96 hr.
Especie: Pez Zebra (*Brachydanio rerio*)
>100 mg/l LC50

RESULTADOS DE PRUEBAS EN INVERTEBRADOS

Test: Inmovilización Aguda (OECD 202)
Duración: 48 hr.
Especie: Mosca de Agua (*Daphnia magna*)
>100 mg/l EC50

DEGRADACION

Test: Evolución de CO₂: Sturm Modificada (OECD 301 B)
Duración: 28 días Procedimiento: Biodegradabilidad lista. Este material no es fácilmente biodegradable (la OCDE 301B).
<70 % La tala grande del polímero es incompatible con transporte a través de las membranas biológicas y de la difusión; el factor de la bioconcentración por lo tanto se considera ser cero.

CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACIÓN

La Compañía está a favor del reciclaje, recuperación y reúso de materiales siempre que sea posible. Si es necesario disponer algún material, La Compañía recomienda que los materiales orgánicos, especialmente cuando estos estén clasificados como residuos peligrosos sean destruidos por tratamiento térmico o incineración en plantas autorizadas.
Deben observarse todas las reglamentaciones locales y nacionales.

HOJA DE SEGURIDAD DE PRODUCTO



INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE

Esta sección proporciona la información de clasificación de envío básica. Refiérase a las regulaciones de transporte apropiadas para los requisitos específicos.

SCT/IMO

Denominación adecuada de envío: NO ES APLICABLE/NO ESTA REGULADO

ICAO / IATA

Denominación adecuada de envío: NO ES APLICABLE/NO ESTA REGULADO

Instrucciones de Empaque/Máxima cantidad neta por paquete:

Avión de pasajeros: -

Avión de carga: -

INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

MARCADO Y ROTULACION

Símbolo(s): Ninguno exigido

FRASES DE RIESGO:

Ninguno

NÚMEROS DE EMERGENCIA

G.I. INDUSTRIA DEL PERÚ S.A.C.

(511) 7111230

OTRAS INFORMACIONES

NFPA / HMIS

CÓDIGOS DE RIESGOS:

0 - SIN RIESGOS

1 - LEVE

2 - MODERADO

3 - ALTO

4 - EXTREMO

CÓDIGOS ESPECIALES:

COR: CORROSIVO

OXI: OXIDANTE

INF: INFLAMABLE

TOX: TÓXICO

W: NO USE AGUA

SALUD:
ESPECIAL: 1

REACTIVIDAD:
(1) EPI's:

0 INFLAMABILIDAD: 1
Anteojos, respirador de Polvo y guantes

**HOJA RESUMEN DE SEGURIDAD PARA EL TRANSPORTE TERRESTRE DE MATERIALES Y RESIDUOS
PELIGROSOS**

G.I. INDUSTRIA PERÚ S.A.C.	TELÉFONO.: (01) 7111230
-----------------------------------	--------------------------------

POLYCHEM PA 8750	CLASE	NO APLICA
	N° ONU	NO APLICA

Es un polímero aniónico en polvo utilizado como agente floculante.

PELIGROS	a) Puede causar ligera irritación a la piel. b) Puede provocar moderada irritación en los ojos. c) El contacto del producto con el agua puede dejar el local resbaloso.
EQUIPO DE PROTECCIÓN QUE DEBE LLEVAR EL VEHÍCULO	• Un calzo de dimensiones apropiadas para el vehículo y el diámetro de las ruedas. • Señales de peligro (conos o triángulos de seguridad) • Chaleco(s) o ropa fluorescente • Linterna de mano no metálica • Guantes protectores • Gafas o pantallas protectoras de ojos • Líquido para el Lavado de ojos
ACCIONES INMEDIATAS POR PARTE DEL CONDUCTOR ANTE LA EMERGENCIA	• Aplicar el sistema de freno, apagar el motor y, de ser posible, desconectar la batería. • No provocar fuego o fumar ni activar ningún equipo eléctrico. • Colocar las señales de peligro • Mantener las personas alejadas del área de peligro • No caminar sobre el material derramado ni tocarlo. • Mantenerse fuera de la dirección del viento que arrastra los gases u olores del material. • Notificar de inmediato a la policía, bomberos y a la empresa de transporte. • Tener a la mano los documentos de transporte para ser entregados a las autoridades o equipos de emergencia.
DERRAME	ELIMINAR todas las fuentes de ignición (no fumar, no usar bengalas, chispas o llamas en el área de peligro) No tocar las bolsas dañadas o el material derramado a menos que esté usando la ropa protectora adecuada. Detenga la fuga, en caso de poder hacerlo sin riesgo. Prevenga el contacto del producto con agua.
INCENDIO	• Combata el incendio desde una distancia máxima o utilice soportes fijos para mangueras o chiflones regulados. • Utilizar Polvo químico seco, gas carbónico, espuma. • Los Bomberos y otras personas que pudieran estar expuestas deben usar aparatos respiratorios autónomos.
PRIMEROS AUXILIOS	CONTACTO CON LA PIEL: Lavarse inmediatamente con abundante agua y jabón. CONTACTO CON LOS OJOS: Lave inmediatamente con agua por lo menos durante 15 minutos. INHALACIÓN: Retire a la víctima al aire fresco, para aclarar la respiración. Si los síntomas persisten, consultar a un médico. INGESTIÓN: En caso de ingestión, no provocar el vómito. Tomar abundante agua. Obtener atención médica.
TELÉFONOS DE EMERGENCIA	BOMBEROS VOLUNTARIOS DEL PERÚ 116 POLICÍA NACIONAL DEL PERÚ 105 G.I. INDUSTRIA PERÚ S.A.C. (01) 7111230

Fecha de Emisión de la Hoja Resumen:	4/11/2021	Versión de la Hoja Resumen: 001
---	------------------	--

Sacos de 25 kg de Polychem PA 8750

Anexo 10. Tratamiento de efluentes

 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES	CODIGO	P-PRH-002
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 1 de 13
		VIGENCIA	24/01/2024

FLUJO DE REVISION Y APROBACION

	CARGO	NOMBRE
ELABORADO POR:	Asistente de Producción	Gisela Sarmiento Mayta
REVISADO POR:	Facilitador del Sistema	Joseph Moscoso Tejada
APROBADO POR:	Superintendente	Luis Guevara Trelles

1. OBJETIVO

Aplicar y controlar el programa de adecuación y manejo ambiental para la recuperación primaria, secundaria y terciaria de los efluentes generados cumpliendo con los límites máximos permisibles de los efluentes.

2. ALCANCE DE LA APLICACIÓN

El procedimiento se inicia con la revisión y preparación de los equipos involucrados en el sistema de recuperación de sólidos y grasas, como son los Trommels y las Celdas de Flotación Física y Química, Tricanter y separadora ambiental, así como el sistema de tratamientos de espuma y sanguaza.

No incluye: suministro de energía eléctrica, descarga y almacenamiento de materia prima, tratamiento final del aceite recuperado, mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, análisis de productos.

3. RESPONSABLES

- Jefe de Producción.
- Supervisor de Producción

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES	CODIGO	P-PRH-002
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 2 de 13
		VIGENCIA	24/01/2024

- Supervisor de Gestion Medioambiental
- Supervisor de Aseguramiento de la Calidad
- Maquinista de Celdas DAF.
- Maquinista de Tricanter.
- Maquinista de Separadora Ambiental.

4. DISPOSICIONES ESPECIFICAS

- 4.1. Las actividades de todos los procesos deben guardar relación y concordancia con las políticas, misión, visión, metas y objetivos de la empresa.
- 4.2. Toda la información de este Manual será de uso del área y de sus interrelacionados.
- 4.3. El Manual de Proceso Productivo será modificado y difundido por el Jefe Producción y validado por el Superintendente de Planta.
- 4.4. Todo el procedimiento y documentos que contiene este procedimiento deberán estar identificados con un código que facilite su identificación y control.
- 4.5. El manual será revisado en periodos anuales.
- 4.6. Los controles de parámetros de operación deberán ser registrados en el formato R-PRH-061 (frecuencia: cada hora), R-PRH-112 (frecuencia: cada hora), R-PRH-121 (frecuencia: cada hora) y R-PRH-131 (frecuencia: cada hora); los mismos que serán supervisados por el Jefe de Producción.

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES	CODIGO	P-PRH-002
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 3 de 13
		VIGENCIA	24/01/2024

5. INFORMACION DOCUMENTADA ASOCIADA

Nombre	Código
Programa Operacional de Saneamiento	D-AC-001
Manual de Gestiones de Mantenimiento	M-MA-002
Formato para el control de Operación de la Tricanter	R-PRH-061
Formato Control de Operación de Celda DAF Física	R-PRH-112
Formato Control de Operación de Celda Flotación Química	R-PRH-121
Formato Control de Operación de la Decantadora Ambiental	R-PRH-131
Formato Check List Pama. Trommel & IAF	R-PRH-113
Formato Check List Pama: Celdas Físicas y Química	R-PRH-122
Formato Control de Materiales Soda Caustica	R-PRH-001
Formato Control de Materiales Celda Química	R-PRH-123
Formato Control de Materiales Separadora Ambiental	R-PRH-133
Instructivo limpieza de canaletas y disposición de residuos generados	I-PRH-006
Instructivo para la Limpieza de la Celda Química	I-PRH-007
Instructivo para la Limpieza de la Separadora Ambiental	I-PRH-008
Instructivo para la Limpieza del Tanque Ecuilizador	I-PRH-009

6. SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

NO APLICABLE

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES	CODIGO	P-PRH-002
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 04 de 13
		VIGENCIA	24/01/2024

7. PROCEDIMIENTO

N°	Descripción
7.1.	El Maquinista de Celdas DAF , Decantador Ambiental y Tricanter deberán ingresar a su puesto de trabajo perfectamente uniformado y con sus respectivos equipos de protección personal (zapatos de seguridad, casco, orejeras, lentes de protección, mascarilla y su fotocheck a la vista). Antes de que se inicie el proceso de descarga de materia prima el Maquinista deberá revisar que sus equipos se encuentren operativos por medio del formato Check List (R-PRH-062 , R-PRH-113 ,R-PRH-122 y R-PRH-132); asimismo verificarán la posición correcta de los mandos de suministro de energía eléctrica en sus tableros respectivos realizando una prueba de funcionamiento de los equipos en vacío: Trommel de malla de 1 mm, trommel de malla de 0.5 mm y los Trommels de malla de 0.3 mm, bomba de sólidos, Filtro lavador de sólidos, Celda de flotación con sistema DAF – 614, Celda de flotación con sistema DAF – 618, bomba de recirculación de Celda DAF – 618, compresoras de aire, tanques de presurización y paletas de arrastre de espumas de celdas DAF – 614 y DAF – 618, Celda Química, bomba de recirculación de celda, bomba de desplazamiento positivo de lodos, floculador, compresor de aire, estación de preparación de químicos, bomba de almacenamiento de agua de bombeo, tanque ecualizador de agua de bombeo y bomba de retorno de agua de bombeo, bombas de espumas hacia tanques de almacenamiento, bomba de alimentación a Tricanter, Tricanter, bomba de aceite de Tricanter, bomba de sanguaza a coagulador. Asimismo, deben verificar la disponibilidad de aire comprimido para el funcionamiento de los controles de nivel automático de las celdas de flotación.
7.2.	El Maquinista de Celdas DAF recibe instrucciones del Jefe y/o Supervisor de Producción para que realice el encendido de los Trommel de malla de 1 mm y de 0.5 mm, luego los Trommels de malla de 0.3 mm N° 01 y N° 02 respectivamente cuando la embarcación se encuentre en la chata y esté próximo a realizar la descarga de pescado. El Maquinista de Tricanter recibe instrucciones del Jefe y/o Supervisor de Producción para que encienda el Tricanter cuando haya suficiente espuma por procesar; una vez encendido el equipo abre la válvula de ingreso de vapor para el calentamiento del coagulador de espumas; asimismo coordina con el Maquinista de Cocinas para comenzar a calentar los precalentadores de espumas usando condensado de secadores a vapor. El Maquinista de Tricanter recibe instrucciones del Jefe y/o Supervisor de Producción para que realice el calentamiento del coagulador de sanguaza.

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES	CODIGO	P-PRH-002
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 04 de 13
		VIGENCIA	24/01/2024

7.3.	El Maquinista de Tolvas comunica al Maquinista de Celdas DAF el inicio de la descarga de materia prima; inmediatamente este se cerciora que el agua de bombeo ingrese a los Trommel para dar inicio a la recuperación de los sólidos.
7.4.	El agua de bombeo proveniente de chata conserva una relación de agua/ pescado de 0.8:1 nominalmente, el objetivo es disminuir el ratio y minimizar la generación de agua de bombeo sin maltratar la materia prima. El agua de bombeo ingresa al interior del Trommel a una tina pulmón desde donde rebosa por los laterales para alimentar continuamente al tambor rotativo; allí se retienen los sólidos (visceras, escamas) de tamaño superior a 1 mm – 0.5 mm avanzan hasta la zona de descarga. El agua drenada a través de la malla pasa a una poza de concreto. Todos los trommel cuentan con un sistema de aspersión conformado por boquillas que limpia continuamente la superficie interna de drenaje para mantener siempre la malla limpia y permitir un desaguado eficiente este sistema estará activo mientras haya materia prima. Los sólidos recuperados caen a un tanque colector y se bombean mediante una bomba de tornillo (con sistema automático de encendido/apagado y regulación de velocidad) hasta el filtro lavador de sólidos, donde se produce un drenado adicional de agua; en el interior del filtro está instalado un sistema de boquillas para "lavar" los sólidos y disminuirle las sales que contiene. Los sólidos filtrados se almacenan en la poza de sólidos. Si el proceso está controlado, continuar con el paso 7.7.
7.5.	Cuando se comienza a llenar la poza de concreto el Maquinista enciende la bomba de alimentación de agua de bombeo hacia los Trommels de 0.3 mm ingresando dicha agua a una tina pulmón desde donde rebosa por los laterales para alimentar continuamente al tambor rotativo; allí se retienen los sólidos (visceras, escamas) de tamaño superior a 0.3 mm y avanzan hasta la zona de descarga. El agua drenada a través de la malla pasa a la Celda Física DAF - 614. Mediante un sistema de aspersión conformado por boquillas se limpia continuamente la superficie interna de drenaje para mantener siempre la malla limpia y permitir un desaguado eficiente. Los sólidos recuperados caen a un tanque colector y se bombean mediante una bomba de tornillo hasta el filtro lavador de sólidos, donde se produce un drenado adicional de agua; en el interior del filtro está instalado un sistema de boquillas para "lavar" los sólidos y disminuirle las sales que contiene. Los sólidos filtrados se almacenan en la poza de sólidos. Si el proceso está controlado, continuar con el paso 7.7.

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES	CODIGO	P-PRH-002
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 04 de 13
		VIGENCIA	24/01/2024

7.6	Cuando el Maquinista de Celdas DAF, el Jefe y/o Supervisor de Producción detecten que no hay un control adecuado en el proceso de recuperación de sólidos, el Maquinista debe tomar las acciones correctivas del caso: - Si los sólidos recuperados contienen mucha humedad verificar que las boquillas estén limpiando continuamente la malla de los Trommel y del filtro lavador de sólidos. - Si es excesivo el flujo de agua de bombeo coordinar con el operador de Tolvas o el Jefe de Producción, para que disminuyan el flujo desde chata. De ocurrir problemas de mantenimiento mecánico o eléctrico, comunicar al Jefe de Mantenimiento y/o al personal de mantenimiento para dar solución al problema.
7.7.	El agua de bombeo drenada en el trommel de 0.3 mm ingresa a la Celda DAF – 614, cuando el nivel del agua en la celda DAF – 614 llega a la mitad del volumen total, el Maquinista enciende los equipos que conforman el sistema de generación de microburbujas tipo DAF: bomba de recirculación y compresora de aire, y procede a efectuar la regulación inicial del sistema. Cuando el nivel de agua en la celda está próximo a llegar al rebose, el Maquinista enciende las paletas recolectoras de espumas y ajusta el control de nivel automático de la celda DAF.
7.8.	Una vez llena la Celda DAF – 614 por gravedad se empezará con el llenado de la Celda DAF – 618, cuando el nivel del agua en la celda DAF – 618 llega a la mitad del volumen total, el Maquinista enciende los equipos que conforman el sistema de generación de microburbujas tipo DAF: bomba de recirculación y compresora de aire, y procede a efectuar la regulación inicial del sistema. Cuando el nivel de agua en la celda está próximo a llegar al rebose, el Maquinista enciende las paletas recolectoras de espumas y ajusta el control de nivel automático de la celda DAF. En las celdas Físicas DAF 614 y DAF - 618 continuamente se liberan microburbujas de aire que ingresan junto con la alimentación de agua de bombeo y en su ascenso a la superficie atrapan la grasa contenida; la espuma generada es retirada continuamente mediante paletas de arrastre. El sistema de control de nivel automático permite regular la capa de espuma en la celda; el Maquinista de Trommel y Celdas DAF debe procurar que la espuma recolectada contenga la mínima cantidad de agua. Los parámetros por controlar en el sistema generador de microburbujas tipo DAF son: - Amperaje de bomba de recirculación: 50 – 75 A - Presión de tanque de presurización: 70 – 90 PSI - Presión de ingreso de aire a tanque: 75- 95 PSI - Flujo de aire a tanque: 10 – 20 Nm3/h. Los controles de parámetros de operación deberán ser registrados en el formato R-PRH-061 y R-PRH-112 (frecuencia: cada hora) y supervisados por el Jefe y/o Supervisor de Producción.

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES	CODIGO	P-PRH-002
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 04 de 13
		VIGENCIA	24/01/2024

7.9	Cuando el Maquinista de Celdas DAF, el Jefe y/o Supervisor de Producción detecten que no hay un control adecuado en el proceso de recuperación de grasa de las celdas DAF Físicas, el Maquinista deberá tomar las acciones correctivas necesarias: - Si la presión de operación del tanque de presurización es baja debe cerrar parcialmente la válvula de despresurización del tanque, cuidando de mantener el amperaje de la bomba de recirculación y el flujo de aire en valores adecuados. - Si la presión de operación del tanque de presurización es alta debe abrir parcialmente la válvula de despresurización del tanque, cuidando de mantener el amperaje de la bomba de recirculación y el flujo de aire en valores adecuados. - Si la espuma recuperada contiene demasiada agua, debe regular (disminuir el valor) del set-point del control de nivel automático desde el tablero de control. - Si hay espuma en el interior de la celda que no es recolectada por bajo nivel del agua en las celdas, debe regular (aumentar el valor) del set-point del control de nivel automático desde el tablero de control. - De ocurrir problemas de mantenimiento mecánico o eléctrico, comunicar al Jefe de Mantenimiento y/o al personal de mantenimiento para dar solución al problema.
7.10.	El agua de bombeo que sale de la celda Física DAF – 618 cae a una poza colectora desde donde es bombeada al Tanque ecualizador de agua de bombeo. (De haber poca materia prima solo trabajara una celda DAF y continuara según ítem 7.11). Cuando comience a llenar esta poza colectora, el agua de bombeo se envía por medio de una bomba al tanque ecualizador de agua de bombeo para la homogenización respectiva hasta alcanzar un volumen mínimo de 150 m³ para el tratamiento en la celda DAF Química. En caso se exceda la capacidad del tanque se activará la alarma de parada de emergencia, previamente el maquinista preparará los polímeros de acuerdo a la materia prima recibida así mismo encenderá la estación de preparación de químicos, así como el floculador a la espera del agua de bombeo a tratar.

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES	CODIGO	P-PRH-002
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 04 de 13
		VIGENCIA	24/01/2024

7.11.	El agua de bombeo homogenizada en el tanque ecualizador es bombeada a la celda DAF Química donde se le aplica productos químicos como coagulantes y floculantes para la flotación de sólidos y grasas en suspensión, el principio de flotación es similar a la celda DAF física, el maquinista monitorea los parámetros de control: los lodos flotados son arrastrados por paletas de arrastre de la celda DAF Química recuperados en un tanque de lodos de capacidad de 14 m³, el agua tratada de la celda DAF Química debe cumplir con los LMP (Límites Máximos Permisibles) en grasa (350 ppm) y SST (700 ppm).el lodo almacenado es homogenizado mediante un mixer y es bombeado hacia la separadora ambiental. Los controles de parámetros de operación deberán ser registrado en el formato R-PRH-121 (frecuencia: cada hora) y supervisado por el Jefe y/o Supervisor de Producción. Asimismo indicar que el control de materiales será reportado en el formato R-PRH-123 y el formato R-PRH-133 respectivamente.
7.12	Cuando el Maquinista de Celdas DAF , el Jefe y/o Supervisor de Producción detecten que no hay un control adecuado en el proceso de recuperación de grasa y solidos suspendidos en el agua de bombeo de las celdas DAF Química, el Maquinista deberá tomar las acciones correctivas necesarias: - Regular el caudal de alimentación de agua de bombeo a la Celda Química. - Regular la Dosificación de Productos Químicos en la estación de preparación de Químicos. - De ocurrir problemas de mantenimiento mecánico o eléctrico, comunicar al jefe de Mantenimiento y/o al personal de mantenimiento para dar solución al problema.
7.13	Al lodo que ingresa a la separadora ambiental se le adiciona productos químicos como coagulantes, floculantes y agua de dilución para obtener un lodo deshidratado que no sea mayor a 75 % humedad el cual será transportado hacia el tornillo colector de prensas. El operador de la Separadora Ambiental monitorea los siguientes parámetros: PH del efluente tratado (4.8 – 5.2), flujos de productos químicos, flujo de lodos a separadora ambiental, cantidad en TM de torta de lodos deshidratados y otros datos de operación del equipo se registrarán en el R-PRH-131(frecuencia cada hora) y supervisado con el Jefe y/o Supervisor de Producción. En la estación de polímeros donde se realiza la preparación de floculantes y coagulantes los tanques cuentan con su respectivo sensor de nivel, el cual activara una alarma de parada de emergencia en caso se exceda el límite máximo establecido. El efluente del tratamiento en la separadora ambiental de no cumplir con los LMP será enviado hacia el tanque ecualizador de agua de bombeo.

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES	CODIGO	P-PRH-002
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 04 de 13
		VIGENCIA	24/01/2024

7.14	Cuando el Maquinista de Separadora Ambiental, el Jefe y/o Supervisor de Producción, detecten que no hay un control adecuado en el tratamiento del lodo el Maquinista deberá tomar las acciones correctivas necesarias: - Regular el caudal de alimentación de lodo a separadora ambiental. - Regular la Dosificación de Productos Químicos en la estación de preparación de Químicos de acuerdo a lo señalado por el analista de aseguramiento de la calidad para así controlar el consumo del producto. - De ocurrir problemas de mantenimiento mecánico o eléctrico, comunicar al jefe de Mantenimiento y/o al personal de mantenimiento para dar solución al problema. - Controlar pH del efluente tratado. - De ocurrir problemas de mantenimiento mecánico o eléctrico, comunicar al jefe de Mantenimiento y/o al personal de mantenimiento para dar solución al problema.
7.15.	Asimismo, cuando comience a llenar el tanque colector de espumas, el Maquinista de Tricanter enciende la bomba de espumas para transportarla hacia los tanques de almacenamiento ubicados en la Planta de Aceite; luego en coordinación con el Jefe y/o Supervisor de Producción enciende la bomba de alimentación al Tricanter, previo paso de la espuma por el precalentador y el coagulador. En el Tricanter se obtienen tres corrientes: aceite que es bombeado hacia el tanque de licor de separadora o hacia la Pulidora, sólidos que caen al tornillo colector de separadoras, y agua de cola que es evacuada a la poza de agua de bombeo para que continúe su flujo por los trommels de 0.3 mm. Respecto a la sanguaza su tratamiento se puede efectuar de tres formas: bombeo al coagulador de sanguaza para su calentamiento y posterior adición al tanque de licor de prensa, o bombeo hacia tanque de almacenamiento para su posterior tratamiento en el Tricanter para separar sólidos; también puede ser tratada en la separadora 414, esto dependerá de las condiciones de proceso de la Planta y del contenido de cloruros de la materia prima. Los parámetros a controlar en el tratamiento de espumas y sanguaza son: - Temperatura del coagulador de espumas: 85 – 100 °C - Temperatura del coagulador de sanguaza: 85 – 100 °C - Flujo de alimentación a Tricanter: máximo 15 m3/h. - Velocidad de rotor de Tricanter: 3800 rpm máximo. - Velocidad de tornillo de Tricanter: 29 rpm máximo. - Regulación disco centrípeto: 220 -280 mm - Temperatura de salida de espumas del precalentador: 100 °C máximo. Las temperaturas de ingreso y salida del condensado en el precalentador dependen del proceso de secado.

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES	CODIGO	P-PRH-002
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 04 de 13
		VIGENCIA	24/01/2024

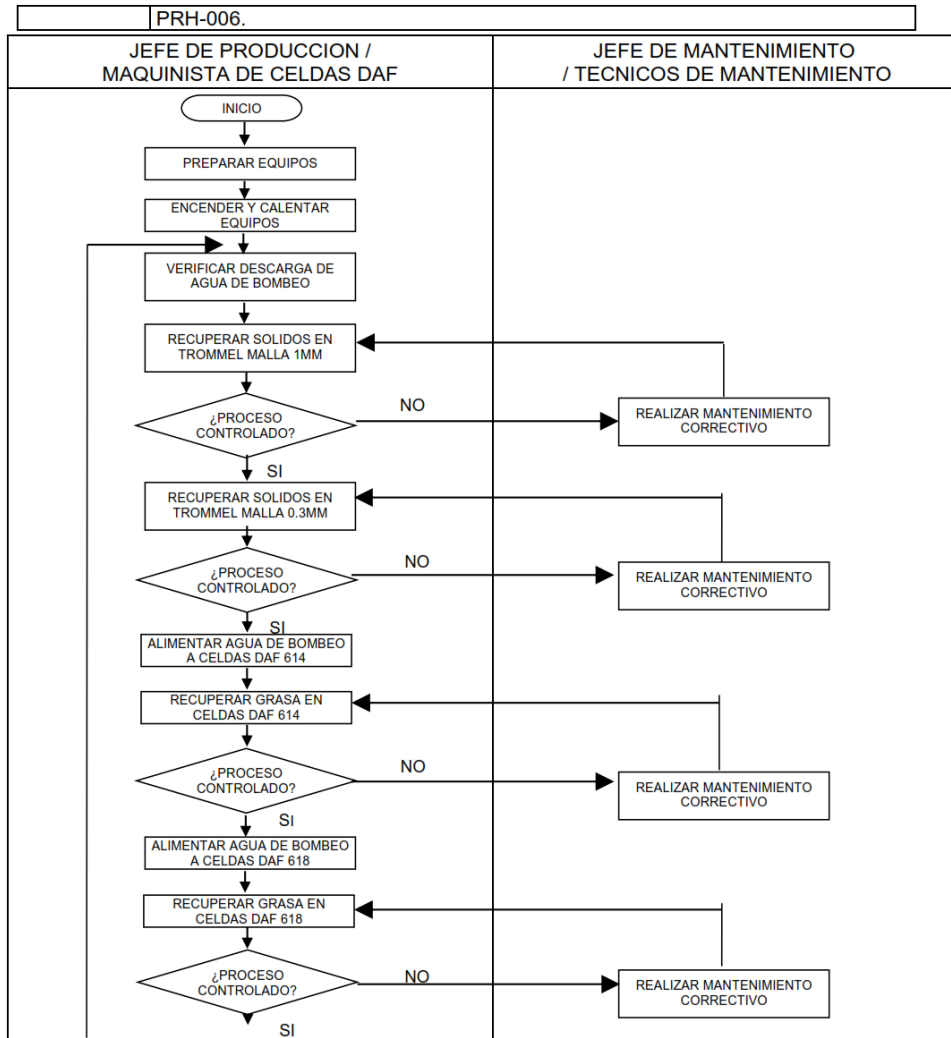
	Ocasionalmente el Tricanter puede alimentarse con licor de prensa, para lo cual el Maquinista manipula las respectivas válvulas para dirigir el licor de prensa directamente al Tricanter sin pasar por el coagulador; asimismo debe cerrar la válvula de evacuación del agua de cola para dirigirla hacia la Planta evaporadora. Los controles de los parámetros de operación deberán ser registrados en el formato R-PRH-061 y supervisados por el Jefe y/o Supervisor de Producción.
7.16.	Cuando el Maquinista de Tricanter, el Jefe y/o Supervisor de Producción, detecten que no hay un control adecuado en el tratamiento de espumas o sanguaza, el Maquinista deberá tomar las acciones correctivas necesarias: - Si la grasa en el agua de cola del Tricanter es elevada, el Maquinista deber regular el disco centrípeto del Tricanter para obtener los niveles de grasa adecuada, siempre cuidando que el aceite obtenido no contenga demasiado sólidos o agua. - Si la temperatura del coagulador de espumas o del coagulador de sanguaza está fuera de rango debe regular el flujo de alimentación de espumas o sanguaza y el flujo de vapor con sus respectivas válvulas. - De ocurrir problemas de mantenimiento mecánico o eléctrico, comunicar al Jefe de Mantenimiento y/o al personal de mantenimiento para dar solución al problema.
7.17.	Una vez terminado el tratamiento del agua de bombeo, el Maquinista de Celdas DAF procede a realizar la limpieza de sus equipos respectivos. Según lo descrito en el I-PRH-007, I-PRH-008 y el I-PRH-009, para ello primeramente se hará una limpieza mecánica de los sólidos y luego la respectiva limpieza con agua para evitar alta generación de efluentes de limpieza El Maquinista de Tricanter una vez procesada toda la espuma recuperada y terminado el proceso de sanguaza, procede de igual forma con la limpieza de sus equipos. El Jefe y/o Supervisor de Producción supervisará la limpieza efectuada, según el D-AC-001(Anexo 3).
7.18.	Cuando se culmine la limpieza de los equipos el Maquinista de Trommel y Celdas DAF Física y Química y el Maquinista de Tricanter y Separadora Ambiental procederán al apagado de los equipos. Los controles de parámetros de operación deberán ser registrados en el formato R-PRH-061 Y R-PRH-112 (frecuencia: cada hora), Asimismo el control de materiales para la ejecución de la limpieza (soda caustica) se registrara en el formato R-PRH-001 , R-PRH-123 y R-PRH-133 y el Jefe y/o Supervisor de Producción será responsable de la supervisión. Los sólidos obtenidos de la poza de sedimentación serán evacuados durante el transcurso del día dándoles su disposición final y supervisados por el Jefe de Producción. Asimismo realizar la limpieza de las canaletas de la zona según el instructivo I-

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES	CODIGO	P-PRH-002
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 04 de 13
		VIGENCIA	24/01/2024

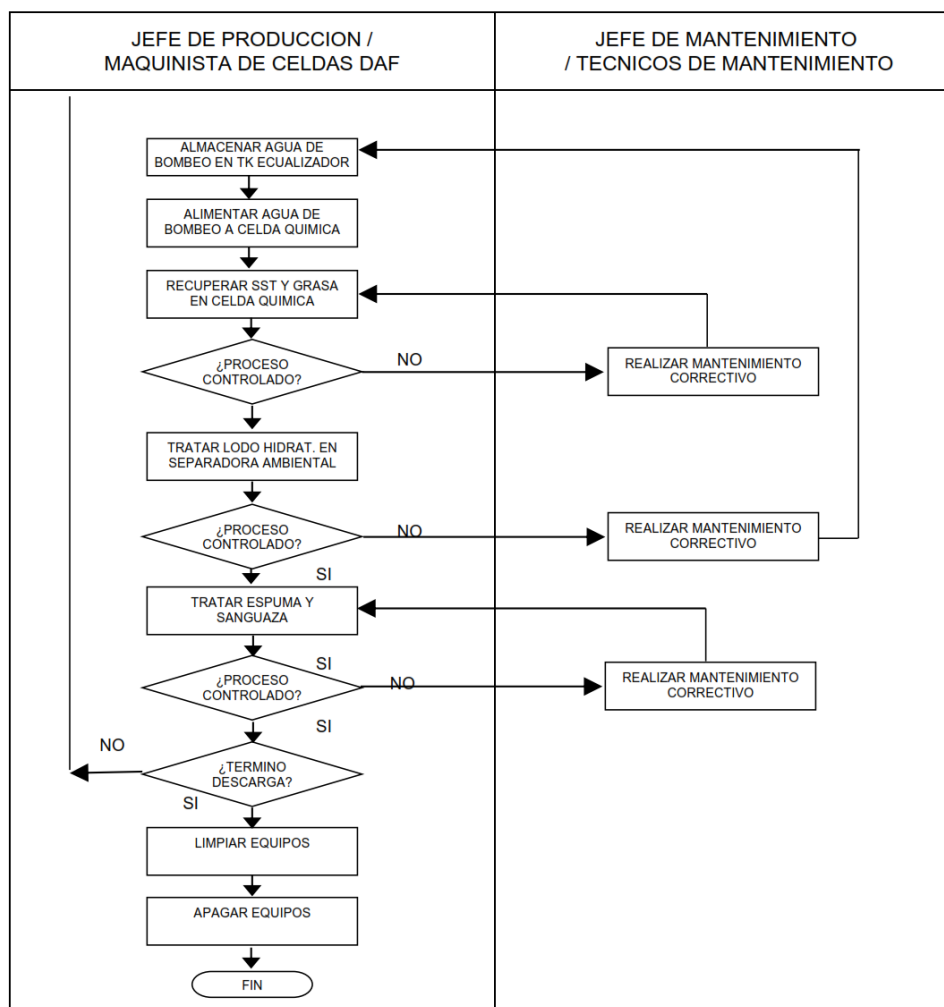


Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES	CODIGO	P-PRH-002
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 04 de 13
		VIGENCIA	24/01/2024



8. **DIAGRAMA DE FLUJO**

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	PARA EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES	CODIGO	P-PRH-002
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 04 de 13
		VIGENCIA	24/01/2024

9. DEFINICIONES:

9.1. Agua de Bombeo: Fluido proveniente de la descarga de pescado, compuesto por agua de mar y materia orgánica (grasa y sólidos) que se desprende del pescado al pasar por los sistemas de bombeo desde chata.

9.2. Trommel: Consiste en un tambor rotatorio de acero inoxidable de 1,50 m de diámetro, cuyo contorno está constituido por malla Johnson de sección triangular de abertura 1 mm y 0.3 mm; al ingresar el agua de bombeo se separa en el equipo las partículas sólidas contenidas con tamaño superior a 1 mm y 0.3 mm.

9.3. Filtro lavador de sólidos: Consiste en un tambor rotatorio de acero inoxidable de 0,70 m de diámetro, cuyo contorno está constituido por mallas de sección triangular de abertura 0,5 mm; al ingresar los sólidos de Trommel drena parte del agua que acompaña a esta corriente.

9.4. Sólidos: Son restos de vísceras, escamas, etc. que vienen mezclados con el agua de bombeo que se desprenden del pescado como consecuencia del bombeo desde Chata.

9.5. Tricanter: Es una centrífuga horizontal de tres fases construida de acero inoxidable, está formado por un tambor rotatorio y un transportador helicoidal interior accionados cada uno por un motor eléctrico. Permite la separación de sólidos, aceite y agua en una sola etapa.

9.6. Trampa de sólidos

Es un conjunto de mallas para filtrado de sólidos generados durante el proceso productivo, ubicado al final de la canaleta de recolección.

9.7. DAF: Flotación por Aire Disuelto: es un sistema de generación de microburbujas en el cual el aire se disuelve en el líquido mediante presión; al liberar luego la presión se forman microburbujas.

9.8. Celda DAF: Es un recipiente de sección rectangular para la recuperación de grasa del agua de bombeo, que tiene un sistema de generación de microburbujas tipo DAF; la espuma generada es retirada continuamente por paletas.

9.9. Sanguaza: Es la mezcla de agua, sólidos solubles, sólidos insolubles y aceite; es producida en las pozas de almacenamiento por la pérdida de frescura del pescado. Su generación depende de factores como estado físico y tamaño de la materia prima, altura de las pozas, tiempo y temperatura de almacenamiento, capacidad de drenaje de los drenadores, etc.

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



Anexo 11. Limpieza de la celda química

 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	LIMPIEZA DE LA CELDA QUÍMICA	CODIGO	I-PRH-007
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 1 de 5
		VIGENCIA	24/01/2024

FLUJO DE REVISION Y APROBACION

	CARGO	NOMBRE
ELABORADO POR:	Asistente de Producción	Gisela Sarmiento Mayta
REVISADO POR:	Facilitador del Sistema	Joseph Moscoso Tejada
APROBADO POR:	Superintendente	Luis Guevara Trelles

1. OBJETIVO

Eliminar los restos de suciedad orgánica y/o inorgánica adherida en las superficies de la celda química sin alterar esta.

2. ALCANCE DE LA APLICACION

Esta instrucción se aplicará cuando se ejecute la limpieza de la Celda Química.

3. RESPONSABLES

- Jefe de Producción.
- Maquinista de Celdas DAF Físicas y Química.

4. CONDICIONES BASICAS / PRINCIPIO DEL METODO

4.1. Lo establecido en esta Instrucción, implica que se deben cumplir con las siguientes condiciones como mínimo para obtener resultados confiables.

- 4.1.1. Para la limpieza de la Celda Química e maquinista utilizara agua potable clorada, manteniendo un residual mínimo de 0.5 ppm. Siempre que se pueda se utilizara el condensado recuperado en el proceso de concentración de solubles.

DOCUMENTO CONTROLADO

No. 01

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	LIMPIEZA DE LA CELDA QUIMICA	CODIGO	I-PRH-007
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 2 de 5
		VIGENCIA	24/01/2024

- 4.1.2.** Todas las actividades de lavado de equipos se realizarán utilizando mangueras las cuales cuentan con válvulas y pistolas de lavado que aseguran el uso eficiente del agua previniendo consumos excesivos.
- 4.1.3.** La solución de soda caustica al 6% serán utilizadas únicamente en la remoción de grasas fuertemente adheridas en la superficie de los equipos.

5. INFORMACION DOCUMENTADA ASOCIADA

Documento	Código
Programa Operacional de Saneamiento (POS)	D-AC-001
Procedimiento para el Tratamiento de Efluentes	P-PRH-002

6. SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

NO APLICABLE

7. INSTRUCCIÓN

7.1 LIMPIEZA DURANTE PRODUCCION.

- 7.1.1.** Al culminar el proceso productivo el Jefe de Producción da instrucciones a los maquinistas para realizar la Limpieza de la Celda Química.
- 7.1.2.** El maquinista procede a evacuar el agua de bombeo que contiene la Celda DAF Química, para lo cual se deberá abrir una válvula de drenaje de arena y una válvula de drenaje de lodo. Evacuando dicha agua a través de los raspadores.

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



DOCUMENTO CONTROLADO	
No.	01

 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	LIMPIEZA DE LA CELDA QUÍMICA	CODIGO	I-PRH-007
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 3 de 5
		VIGENCIA	24/01/2024

- 7.1.3** Seguidamente después de cada descarga se lavarán las paredes, paletas, placas lamelas, chutes de caída de lodos, raspadores y el fondo de la Celda con condensado y/o agua potable para eliminar la grasa y lodos. Cabe resaltar que la limpieza debe ser inmediata para evitar que la grasa quede adherida en los equipos. Pudiéndose usar agua a presión.
- 7.1.4.** Una vez retirado los remanentes de lodos y grasa, si lo amerita se procederá a aplicar una solución de soda caustica al 6% para remover todos los remanentes de lodo y grasa adheridos en toda la Celda Química.
- 7.1.5.** Luego se procede a enjuagar toda la Celda con abundante agua de condensado y/o potable a presión para eliminar todo remanente de sus superficies.
- 7.1.6.** Asimismo, si durante el proceso se derramasen lodos del tanque de almacenamiento hacia el piso, se aplicará condensado y/o agua potable para su tratamiento antes de ser evacuado al emisor según lo descrito en el P-AD-0403.
- 7.1.7.** Una vez finalizada la limpieza de la Celda Química se realizará la limpieza de la zona de trabajo incluyendo pisos, canaletas, bombas y tanques.
- 7.1.8.** Una vez verificada la limpieza se procede al cerrado de la parte inferior de la Celda Química para su posterior llenado con agua blanca proveniente de Planta Evaporadora para su posterior inicio de operación.
- 7.1.9** El efluente generado durante la limpieza de la Celda Química va hacia las pozas de sedimentación para luego ser almacenado en el Tanque Ecuilizador.
- 7.1.10.** La limpieza de la celda se ejecutará diariamente al finalizar cada proceso.

DOCUMENTO CONTROLADO

No. 01

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...

**PEQUEÑAS COSAS
GRANDES
CAMBIOS**

 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	LIMPIEZA DE LA CELDA QUÍMICA	CODIGO	I-PRH-007
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 4 de 5
		VIGENCIA	24/01/2024

7.2 LIMPIEZA DURANTE PERIODO DE VEDA.

- 7.2.1. En periodo de veda, el maquinista deberá repetir el procedimiento de los Ítems 7.1.1. Al punto 7.1.5 de manera tal que la Celda Química y equipos involucrados queden libres de cualquier residual de lodos, grasas y productos químicos producto de la limpieza.
- 7.2.2. Asimismo, se llenará la Celda Química con una solución de agua con soda caustica al 6% hasta un volumen tal que cubra las placas lamelas dejándolas en remojo hasta el desprendimiento de los restos de lodos, grasa apoyándose en la recirculación de la solución alcalina.
- 7.2.3. Luego se procede a descarga la solución alcalina hacia el tanque de Lodos para que sea reutilizada en la limpieza de otros equipos.
- 7.2.4. Se procede luego a enjuagar la celda química con abundante agua a presión para eliminar cualquier tipo de remanente de sus superficies.
- 7.2.5. Una vez finalizada la limpieza de la Celda Química se realizará la limpieza de la zona de trabajo incluyendo pisos, canaletas, bombas y tanques
- 7.2.6. Finalmente, el efluente generado durante la limpieza de la Celda Química va hacia las pozas de sedimentación para luego ser almacenado en el Tanque Ecualizador.

DOCUMENTO CONTROLADO	
No.	01

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	LIMPIEZA DE LA CELDA QUIMICA	CODIGO	I-PRH-007
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 5 de 5
		VIGENCIA	24/01/2024

8. DEFINICIONES:

8.1. Celda Química:

Sistema que remueve emulsiones, dispersiones del agua de bombeo por medio de la adición de coagulantes, floculantes o precipitantes.

8.2. Soda caustica:

Es un producto químico muy soluble en disolventes polares con el agua, alcalino, en estado sólido se encuentra formando red cristalina cuya estructura depende del radio y carga de los iones y cuya estabilidad depende de la energía reticular de la misma.

8.3. Sólidos: Son restos de vísceras, escamas, etc. que vienen mezclados con el agua de bombeo que se desprenden del pescado como consecuencia del bombeo desde Chata.

8.4. Tanque Ecualizador:

Infraestructura de vidrio fusionado al acero para almacenar el agua de bombeo procedente de las celdas DAF físicas para luego previa homogenización se bombea a la Celda DAF química obteniendo agua clarificada la cual es evacuada cumpliendo los Límites Máximos Permisibles.

DOCUMENTO CONTROLADO	
No.	01

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



Anexo 12. Limpieza de la separadora ambiental

 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	LIMPIEZA DE LA SEPARADORA AMBIENTAL	CODIGO	I-PRH-008
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 1 de 5
		VIGENCIA	24/01/2024

FLUJO DE REVISION Y APROBACION

	CARGO	NOMBRE
ELABORADO POR:	Asistente de Producción	Gisela Sarmiento Mayta
REVISADO POR:	Facilitador del Sistema	Joseph Moscoso Tejada
APROBADO POR:	Superintendente	Luis Guevara Trelles

1. OBJETIVO

Eliminar los restos de suciedad orgánica y/o inorgánica adherida en las superficies de la Separadora Ambiental sin alterar esta.

2. ALCANCE

Esta instrucción se aplicará cuando se ejecute la limpieza de la Separadora Ambiental (Noxon).

3. RESPONSABLES

- Jefe de Producción.
- Maquinista de Separadora Ambiental.

4. CONDICIONES BASICAS / PRINCIPIO DEL METODO

- 4.1. Lo establecido en esta Instrucción, implica que se deben cumplir con las siguientes condiciones como mínimo para obtener resultados confiables.

DOCUMENTO CONTROLADO	
No.	01

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	LIMPIEZA DE LA SEPARADORA AMBIENTAL	CODIGO	I-PRH-008
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 2 de 5
		VIGENCIA	24/01/2024

- 4.1.1.** Para la limpieza de la Separadora Ambiental el maquinista utilizara agua potable clorada, manteniendo un residual mínimo de 0.5 ppm. Siempre que se pueda se utilizara el condensado recuperado en el proceso de concentración de solubles.
- 4.1.2.** Todas las actividades de lavado de equipos se realizarán utilizando mangueras las cuales cuentan con válvulas y pistolas de lavado que aseguran el uso eficiente del agua previniendo consumos excesivos.
- 4.1.3.** La solución de soda caustica al 6% serán utilizadas únicamente en la remoción de grasas fuertemente adheridas en la superficie de los equipos.
- 4.1.4.** Cerciorarse que la Separadora Ambiental se encuentre engrasada en sus puntos (exterior-interior) y que la compuerta de derivación este operativa.

5. INFORMACION DOCUMENTADA ASOCIADA

Documento	Código
Programa Operacional de Saneamiento (POS)	D-AC-001
Procedimiento para el Tratamiento de Efluentes	P-PRH-002

6. SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

NO APLICABLE

DOCUMENTO CONTROLADO	
No.	01

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	LIMPIEZA DE LA SEPARADORA AMBIENTAL	CODIGO	I-PRH-008
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 3 de 5
		VIGENCIA	24/01/2024

7. INSTRUCCIÓN

7.1. LIMPIEZA DURANTE PRODUCCION.

- 7.1.1. Al culminar el proceso productivo el Jefe de Producción da instrucciones a los maquinistas para realizar la Limpieza de la Separadora Ambiental.
- 7.1.2. El maquinista procede a recircular el agua de condensado como un enjuague inicial evacuar el agua de bombeo que contiene la Celda DAF Química, para lo cual se deberá abrir una válvula de drenaje de arena y una válvula de drenaje de lodo. Evacuando dicha agua a través de los raspadores.
- 7.1.3. Seguidamente después de cada descarga se lavarán las paredes, paletas, placas lamelas, chutes de caída de lodos, raspadores y el fondo de la Celda con condensado y/o agua potable para eliminar la grasa y lodos. Cabe resaltar que la limpieza debe ser inmediata para evitar que la grasa quede adherida en los equipos. Pudiéndose usar agua a presión.
- 7.1.4. Una vez retirado los remanentes de lodos y grasa, si lo amerita se procederá a aplicar una solución de soda caustica al 6% para remover todos los remanentes de lodo y grasa adheridos en toda la Celda Química.
- 7.1.5. Luego se procede a enjuagar toda la Celda con abundante agua de condensado y/o potable a presión para eliminar todo remanente de sus superficies.
- 7.1.6. Asimismo, si durante el proceso se derramasen lodos del tanque de almacenamiento hacia el piso, se aplicará condensado y/o agua potable para su tratamiento antes de ser evacuado al emisor según lo descrito en el P-AD-0403.
- 7.1.7. Una vez finalizada la limpieza de la Celda Química se realizará la limpieza de la zona de trabajo incluyendo pisos, canaletas, bombas y tanques.

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...

PEQUEÑAS COSAS
**GRANDES
CAMBIOS**

DOCUMENTO CONTROLADO	
No.	01

 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	LIMPIEZA DE LA SEPARADORA AMBIENTAL	CODIGO	I-PRH-008
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 4 de 5
		VIGENCIA	24/01/2024

- 7.1.8.** Una vez verificada la limpieza se procede al cerrado de la parte inferior de la Celda Química para su posterior llenado con agua blanca proveniente de Planta Evaporadora para su posterior inicio de operación.
- 7.1.9** El efluente generado durante la limpieza de la Celda Química va hacia las pozas de sedimentación para luego ser almacenado en el Tanque Ecuilizador.
- 7.1.10.** La limpieza de la celda se ejecutará diariamente al finalizar cada proceso.

7.2. LIMPIEZA DURANTE PERIODO DE VEDA.

- 7.2.1.** En periodo de veda, el maquinista deberá repetir el procedimiento de los Ítems 7.1.1. Al punto 7.1.6 de manera tal que la Celda Química y equipos involucrados queden libres de cualquier residual de lodos, grasas y productos químicos producto de la limpieza.
- 7.2.2.** Asimismo, se llenará la Celda Química con una solución de agua con soda caustica al 6% hasta un volumen tal que cubra las placas lamelas dejándolas en remojo hasta el desprendimiento de los restos de lodos, grasa apoyándose en la recirculación de la solución alcalina.
- 7.2.3.** Luego se procede a descarga la solución alcalina hacia el tanque de Lodos para que sea reutilizada en la limpieza de otros equipos.
- 7.2.4.** Se procede luego a enjuagar la celda química con abundante agua a presión para eliminar cualquier tipo de remanente de sus superficies.
- 7.2.5.** Una vez finalizada la limpieza de la Celda Química se realizará la limpieza de la zona de trabajo incluyendo pisos, canaletas, bombas y tanques

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



DOCUMENTO CONTROLADO	
No.	01

 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	LIMPIEZA DE LA SEPARADORA AMBIENTAL	CODIGO	I-PRH-008
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 5 de 5
		VIGENCIA	24/01/2024

- 7.2.6.** Finalmente, el efluente generado durante la limpieza de la Celda Química va hacia las pozas de sedimentación para luego ser almacenado en el Tanque Ecuallizador.

8. DEFINICIONES:

8.1. Celda Química

Sistema que remueve emulsiones, dispersiones del agua de bombeo por medio de la adición de coagulantes, floculantes o precipitantes.

8.2. Soda caustica

Es un producto químico muy soluble en disolventes polares con el agua, alcalino, en estado sólido se encuentra formando red cristalina cuya estructura depende del radio y carga de los iones y cuya estabilidad depende de la energía reticular de la misma.

8.3. Solución

Mezcla en proporciones previamente definidas de un solvente con un soluto.

8.4. Separadora Ambiental

Es un decantador centrífugo utilizado para la separación de las mezclas de sólidos con líquidos; para la deshidratación, de los lodos obtenidos en la celda DAF Química.

8.5. Tanque Ecuallizador

Infraestructura de vidrio fusionado al acero para almacenar el agua de bombeo procedente de las celdas DAF físicas para luego previa homogenización se bombea a la Celda DAF química obteniendo agua clarificada la cual es evacuada cumpliendo los Límites Máximos Permisibles.

8.6. Trampa de sólidos

Es un conjunto de mallas para filtrado de sólidos generados durante el proceso productivo, ubicado al final de la canaleta de recolección.

DOCUMENTO CONTROLADO	
No.	01

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



Anexo 13. Limpieza del tanque ecualizador

 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	LIMPIEZA DEL TANQUE ECUALIZADOR	CODIGO	I-PRH-009
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 1 de 5
		VIGENCIA	24/01/2024

FLUJO DE REVISION Y APROBACION

	CARGO	NOMBRE
ELABORADO POR:	Asistente de Producción	Gisela Sarmiento Mayta
REVISADO POR:	Facilitador del Sistema	Joseph Moscoso Tejada
APROBADO POR:	Superintendente	Luis Guevara Trelles

1. OBJETIVO

Eliminar los restos de suciedad orgánica y/o inorgánica adherida en las superficies del Tanque Ecualizador sin que sufra alguna alteración.

2. ALCANCE DE LA APLICACION

Esta instrucción se aplicará cuando se ejecute la limpieza del Tanque Ecualizador (Permastore).

3. RESPONSABLES

- Jefe de Producción.
- Maquinista de Celdas DAF Físicas y Química.

4. CONDICIONES BASICAS / PRINCIPIO DEL METODO

- 4.1. Lo establecido en esta Instrucción, implica que se deben cumplir con las siguientes condiciones como mínimo para obtener resultados confiables.

DOCUMENTO CONTROLADO

No. 01

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	LIMPIEZA DEL TANQUE ECUALIZADOR	CODIGO	I-PRH-009
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 2 de 5
		VIGENCIA	24/01/2024

- 4.1.1. Para la limpieza del Tanque Ecuilizador el maquinista utilizara agua potable clorada, manteniendo un residual mínimo de 0.5 ppm. Siempre que se pueda se utilizara el condensado recuperado en el proceso de concentración de solubles.
- 4.1.2. Todas las actividades de lavado de equipos se realizarán utilizando mangueras las cuales cuentan con válvulas y pistolas de lavado que aseguran el uso eficiente del agua previniendo consumos excesivos.
- 4.1.3. La solución de soda caustica al 6% serán utilizadas únicamente en la remoción de grasas fuertemente adheridas en la superficie de los equipos.
- 4.1.4. Antes de Ingresar a realizar limpieza interna el tanque será ventilado.

5. INFORMACION DOCUMENTADA

Documento	Código
Programa Operacional de Saneamiento (POS)	D-AC-001
Procedimiento para el Tratamiento de Efluentes	P-PR-002

6. SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

NO APLICABLE

DOCUMENTO CONTROLADO	
No.	01

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	LIMPIEZA DEL TANQUE ECUALIZADOR	CODIGO	I-PRH-009
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 3 de 5
		VIGENCIA	24/01/2024

7. INSTRUCCIÓN

7.1. LIMPIEZA DURANTE PRODUCCION.

- 7.1.1. Al culminar el proceso productivo el Jefe de Producción da instrucciones a los maquinistas para realizar la Limpieza del Tanque Ecualizador.
- 7.1.2. Al finalizar el tratamiento de agua almacenada en el tanque ecualizador, el maquinista de Celda Química ingresara con personal de apoyo (4 a 6 personas) con sus respectivos EPP y permiso de trabajo respectivo.
- 7.1.3. En el interior del Tanque el personal procederá a remover los sólidos que se aglomeraron producto del almacenamiento del agua de bombeo, dicha limpieza se realiza por medio de espátulas y palanas para retirar dichos solidos del piso y almacenarlos en recipientes para su posterior evacuación hacia el almacén temporal para su disposición final.
- 7.1.4. Seguidamente se procede a empujar el agua hacia la tina de succión ubicada en el interior del tanque por medio de jaladores de jebe y escobas. Dicha agua será succionada y enviada hacia la Celda Química para su respectivo Tratamiento. Cabe resaltar que la limpieza debe ser inmediata para evitar que la grasa quede adherida en las paredes y piso del tanque Ecualizador.
- 7.1.5. Luego se procede a enjuagar las paredes y piso del tanque utilizando agua a chorro, para luego enviar dicha agua hacia la Celda Química.
- 7.1.6. Una vez limpio el piso del interior del tanque Ecualizador se procede a cerrar la Compuerta de entrada de hombre y se procede a almacenar de 300 a 400 m³ para limpiar la línea hacia la celda química quedando listo el Tanque para el almacenamiento de agua de bombeo.

DOCUMENTO CONTROLADO

No. 01

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...

**PEQUEÑAS COSAS
GRANDES
CAMBIOS**

 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	LIMPIEZA DEL TANQUE ECUALIZADOR	CODIGO	I-PRH-009
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 4 de 5
		VIGENCIA	24/01/2024

7.2. LIMPIEZA DURANTE PERIODO DE VEDA.

- 7.2.1.** En periodo de veda, el maquinista Celda Química ingresara con personal de apoyo (4 a 6 personas) con sus respectivos EPP y permiso de trabajo respectivo.
- 7.2.2.** En el interior del Tanque el personal procederá a remover los sólidos que se aglomeraron producto del almacenamiento del agua de bombeo, dicha limpieza se realiza por medio de espátulas y palanas para retirar dichos solidos del piso y almacenarlos en recipientes para su posterior evacuación hacia el almacén temporal para su disposición final.
- 7.2.3.** Luego se procede a retirar los sólidos y grasa adherida en las paredes del Tanque por medio de espátulas y escobas realizando limpieza química utilizando soda caustica al 6 % para realizar dicha limpieza es necesario armar andamios.
- 7.2.4.** Se procede luego a enjuagar las paredes del tanque con abundante agua a presión para eliminar cualquier tipo de remanente de sus superficies.
- 7.2.5.** Una vez finalizada la limpieza del Tanque Ecualizador el efluente generado será neutralizado para luego proceder a evacuarlo hacia el emisor.

DOCUMENTO CONTROLADO

No. 01

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente a este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...



 Austral Group S.A.A. Austevoll Seafood Company	LIMPIEZA DEL TANQUE ECUALIZADOR	CODIGO	I-PRH-009
		VERSIÓN N°	02
		PAGINA	Página 5 de 5
		VIGENCIA	24/01/2024

8. DEFINICIONES:

8.1. Celda Química

Sistema que remueve emulsiones, dispersiones del agua de bombeo por medio de la adición de coagulantes, floculantes o precipitantes.

8.2. Soda caustica

Es un producto químico muy soluble en disolventes polares con el agua, alcalino, en estado sólido se encuentra formando red cristalina cuya estructura depende del radio y carga de los iones y cuya estabilidad depende de la energía reticular de la misma.

8.3. Solución

Mezcla en proporciones previamente definidas de un solvente con un soluto.

8.4. Tanque Ecualizador

Infraestructura de vidrio fusionado al acero para almacenar el agua de bombeo procedente de las celdas DAF físicas para luego previa homogenización se bombea a la Celda DAF química obteniendo agua clarificada la cual es evacuada cumpliendo los Límites Máximos Permisibles.

DOCUMENTO CONTROLADO

No. 01

Documento controlado de uso interno, queda prohibida su reproducción total o parcial en cualquier medio. El otorgamiento de una copia a terceros debe realizarse con autorización del Facilitador del SGC de <incluir área responsable del procedimiento>. La versión vigente de este documento se encuentra disponible en la PSGC.

Imprime sólo si es necesario...

