

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL PROCESO DE BRILLO EN LA INDUSTRIA DE BOTONES POLYSOL S.A.”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título
profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autor:

Frederick Mora Maldonado

Asesor:

Mg. Alberto Santiago Palacios Miñano

<https://orcid.org/0000-0002-4105-2371>

Lima - Perú

2024

INFORME DE SIMILITUD



Página 2 of 47 - Descripción general de Integridad

Identificador de la entrega trncoi:::1:3001192593

18% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...




Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado

Exclusiones

- N.º de fuente excluida

Fuentes principales

- 17%  Fuentes de Internet
- 8%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado de forma
especial a mis queridos padres Romel
Mora y Amandina Maldonado.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento especial a la empresa Polysol SA, por brindarme las facilidades para ejecutar el presente trabajo en sus instalaciones.

Tabla de contenidos

INFORME DE SIMILITUD	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO.....	4
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	8
RESUMEN EJECUTIVO	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	14
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	21
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	27
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	33
REFERENCIAS.....	35
ANEXOS	37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultados de la caracterización al tratamiento actual a las aguas residuales del proceso de brillo.	27
Tabla 2 Resultados de los parámetros físico y químico de las pruebas de Jarras a las muestras del proceso de brillo.	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la empresa Polysol SA	11
Figura 2 Organigrama de la empresa Polysol SA	12
Figura 3 Proceso productivo de la empresa Polysol SA.....	13
Figura 4 Ecuación del porcentaje de remoción de turbidez.....	15
Figura 5 Área de tratamiento de decantación de aguas residuales de la empresa Polysol SA, 2023	20
Figura 6 Medición de dosificación de los insumos químicos a las pruebas de jarras	24
Figura 7 Test de jarras para la determinación de los químicos coagulante y floculante. ...	25
Figura 8 Tubería tipo "serpiente" para el tratamiento químico	26
Figura 9 Característica de color plomizo del agua residual del proceso de brillo.....	29
Figura 10 Clarificación de las muestras en las pruebas de jarras.	31
Figura 11 Cotejo de la calidad de agua tratada en relación a los sólidos suspendidos totales según el VMA (D.S. N° 010-2019-VIVIENDA)	32

ÍNDICE DE ECUACIONES

Figura 4 Ecuación del porcentaje de remoción de turbidez..... 15

RESUMEN EJECUTIVO

El proyecto se da inicio en una de las 05 empresas líder en el mercado de venta de botones Polysol SA durante el periodo 2023. En sus procesos productivos, especialmente en el proceso de brillo para el acabado final de sus materiales descargan aguas residuales con alta carga de sólidos suspendidos totales y con su tratamiento actual logra remover solo el 91.52%, manteniéndose cerca de los valores máximos permitidos según normativa vigente.

De esta forma el presente trabajo tiene como objetivo el tratamiento de agua residual del proceso de brillo, mediante la inyección de sulfato de aluminio y poliacrilamida aniónico granulado para mejorar la remoción de los sólidos totales suspendidos. El trabajo se realizó usando test de jarras en laboratorio y, por último, replicando a nivel industrial aplicando, las competencias de conocimientos de Ingeniería, Análisis de problemas Trabajo individual y en equipo con los actores principales y el aprendizaje permanente.

Se concluye mediante el tratamiento una remoción total del 99.86% de sólidos suspendidos totales, que permite no solo la aprobación ante la normativa actual para la descarga a la red de alcantarillado, si no que, brinda la posibilidad de poder reusar el agua tratada en el proceso productivo de brillo.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La industria de Polysol SA comienza sus actividades en el año de 1964, en la ciudad de Lima, iniciándose con la producción de botones de poliéster para el abastecimiento de confecciones nacionales e internacionales. En su actualidad la empresa representa a una de las 05 empresas manufactureras que se dedican especialmente a este rubro, siendo líder en el sector botonero y su capacidad de equipamiento para los procesos unitarios es con la más alta tecnología, fortaleciendo su capital humano en sus capacidades para garantizar un producto de alta calidad mediante procesos productivos amigables con el medio ambiente.

La empresa está organizada con sus áreas de control de calidad, laboratorio, logística, contabilidad, marketing y producción, para la elaboración de productos como botones de polyester, botones de tagua, botones grabados en laser, botones teñidos a la medida específica del cliente.

La empresa Polysol en marco a su compromiso con el medio ambiente mantiene una gestión de uso de materia prima especial para la minimización de la huella de carbono, estableciendo la optimización del consumo por el reusó de botellas PET reciclados, dado que este recurso ocupa el 30% de la materia prima utilizada como insumo en su proceso productivo.

La ubicación de la empresa está en el departamento de lima, distrito de San Juan de Lurigancho, en la avenida el santuario N° 1127

Figura 1

Ubicación de la empresa Polysol SA



Misión:

La misión de POLYSOL SA es la satisfacción de las necesidades de materias primas e insumos en el mercado de botones para el posicionamiento de líderes a nivel nacional e internacional, garantizando el compromiso de innovación y aplicación de tecnología verde para los procesos productivos.

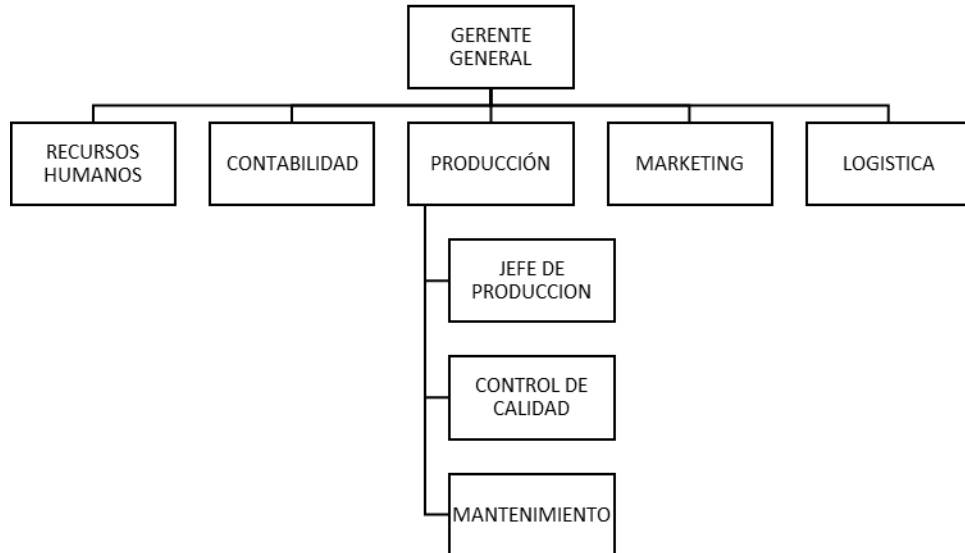
Visión:

La visión de POLYSOL SA es liderar la comercialización de botones, satisfaciendo las necesidades de los clientes, impactando a cada uno de sus proyectos de forma positiva para el crecimiento personal en la manera del reconocimiento y aprovechamiento de las oportunidades de negocio.

Organigrama de la empresa POLYSOL SAC

Figura 2

Organigrama de la empresa Polysol SA



En el área de recurso humanos, se percibe el proceso de selección del personal para cada puesto de trabajo, brindando el soporte durante el tiempo de contrato que tiene con la empresa.

En el área de contabilidad, maneja todos los procesos de liquidación de contratos y servicios específicos que tienen con cada área, trazando las necesidades según cuadro de presupuestos aprobados por gerencia general.

En el área de marketing, se encargan con las promociones y captura de clientes nuevos para ampliar la marca de Polysol a nivel nacional e internacional

En el área de logística, se especializan en asegurar la cadena de abastecimiento con sus estándares de seguridad, calidad y control de tiempos de entrega del producto hacia el cliente final.

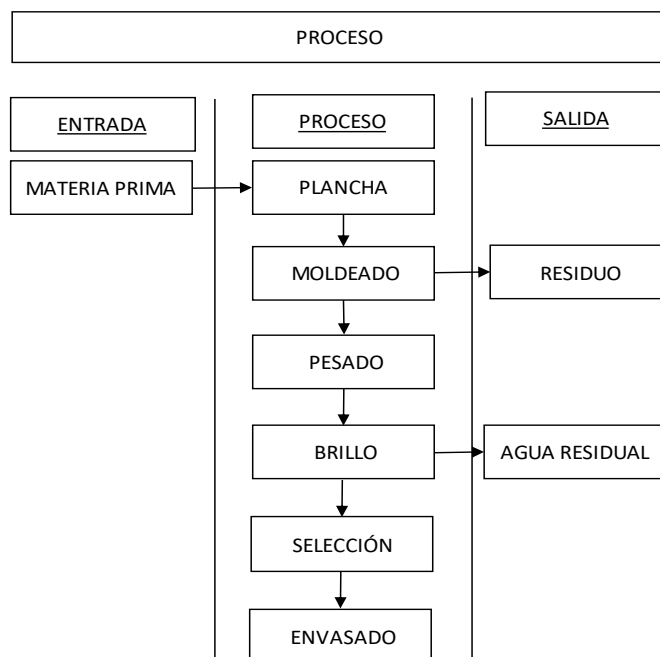
En el área de producción, tiene 03 divisiones de control, como la jefatura de producción, el cual mantiene la supervisión del proceso productivo. El área de control de calidad, para asegurar que el producto cumpla con los estándares solicitados por el

cliente y el área de mantenimiento, para el soporte necesario a los equipos ya sea en la parte mecánica, eléctrico o programación industrial.

Para el proceso productivo, tal como se puede apreciar en la Figura 3, se usa aproximadamente 20 m³ de agua potable, especialmente en su proceso de brillo donde se realiza los acabados finales de la materia. El proceso de brillo es donde se coloca la materia prima tipo polen y agua constante para el favorecimiento del brillo por un periodo diario de 10 horas de trabajo.

Figura 3

Proceso productivo de la empresa Polysol SA



El agua del proceso de brillo se descarga directamente a los sumideros para que posteriormente se derive a un proceso de decantación forzada físicamente, de tipo serpentín para la reducción de sus sólidos suspendidos. En esta área es donde el autor del presente trabajo interviene buscando acelerar su decantación y capturar los sólidos para poder clarificar el agua residual para el reingreso al proceso de brillo.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Agua Residual

Se denomina agua residual aquel conjunto de aguas empleadas por el ser humano de manera cotidiana por los hogares, como también de manera industrial. Que han sido afectadas negativamente, adoptando un porcentaje y características contaminantes. (Instituto del agua, 2024)

Tipo De Agua Residual

La clasificación de las aguas grises luego de su empleabilidad es:

- Aguas residuales domésticas, se descargan de los domicilios donde son vertidos a cuerpos receptores sin el tratamiento adecuado generando complicaciones a los ecosistemas existente de ese ambiente (Romellon, 2023)
- Aguas residuales Industriales, son aquellas aguas vertidas posterior uso en un proceso productivo de las empresas para cumplir con sus objetivos particulares, agregando que en la mayoría de descargas industriales no tienen el tratamiento adecuado generando contaminación ambiental. (Mejia 2021)

Caracterización de aguas residuales

En la investigación realizado que para la caracterización de aguas residuales son parámetros físicos, químicos y biológicos que se identifican para enmarcar el principal contaminante y su concentración en al ambiente. (Mejia, 2021)

Parámetros de identificación para aguas residuales.

En el estudio de campo refiere que la evaluación de calidad de agua residuales debe ser verificada según los variables que presentan su entorno. (Cerna,2022)

- **Parámetros organolépticos:** Los parámetros organolépticos presentes en aguas residuales se centra básicamente en la característica sensorial como el color, el olor, y el sabor del agua residuales, el cual pueden indicar la presencia de contaminantes o la efectividad de los procesos de tratamiento
- **Parámetros físicos:** Los parámetros físicos en aguas residuales se enfoca en la caracterización de componentes como temperatura, turbidez, conductividad, ph y sólidos suspendidos, parámetros de importancia para los tratamientos de aguas residuales
- **Parámetros químicos:** En el estudio de la caracterización de agua, estos parámetros ayudar a identificar fuentes de contaminación y grado de concentración de componentes químicos que puede afectar la calidad del agua y del medio ambiente.

Turbidez

La turbidez del agua residual se da producto de que se observan partículas suspendidas en el agua el cual le da color, también hace relación a la validación de la contaminación del agua para ser considerada en su uso o descartada como agua residual. (Cerna,2022)

Para la remoción de turbidez de una muestra de agua se calcula de la siguiente manera;

Figura 4
Ecuación del porcentaje de remoción de turbidez

$$E(\%) = \left[\frac{T_0 - T_F}{T_0} \right] \times 100\%$$

- T₀: Turbidez inicial

- T_F: Turbidez final

- E(%): Porcentaje de remoción

Recolección de datos

Para las mediciones de agua se desarrollan a través de una metodología estandarizado que involucran especialmente la toma de muestras de agua con criterios establecidos en el protocolo de monitoreo de agua. Esta estandarización permite eliminar errores y garantiza la generación de base de datos en las proyecciones de recuperación y control de la calidad de agua, las cuales permitirán a los interesados la toma de decisión. (ANA,2016)

Tipos de sistema de manejo para agua residual

El tipo de tratamiento para agua residual se define posterior a la caracterización de la misma, para diseñar la secuencia que va seguir el agua, con el fin de poder remover convenientemente todos los contaminantes existentes hasta llevarlos a los límites aceptables estipulados en cada norma (Ayuque, 2022)

Tratamiento primario

Proceso que favorece la remoción por medios físicos o mecánicos todo componente suspendido del agua de forma coloidal, siendo las más aplicada el proceso químico de aglomeración, flotación y/o sedimentación con insumos químicos para su filtración. (Rojas, 2022)

Coagulación de agua residual

La coagulación es un proceso altamente importante para el tratamiento de agua, el cual se introduce en una mezcla de forma energética para desestabilizar las partículas contaminadas por neutralización de cargas afectando de esta manera su suspensión, puesto de manera natural mantiene un

equilibrio de cargas, positivas y negativas que las hace mantener separadas de forma estable favoreciendo su suspensión. (Carrillo,2023)

Floculación de agua residual

La floculación es aquella fase de aglomerar partículas coloidales que se encuentran desestabilizadas por acción de un reactivo químico como coagulante, este reactivo genera la desestabilización de las partículas haciendo que se aglomeren formando flóculos más grandes y estos a su vez van sedimentado por acción de la gravedad (Acura, 2023)

Reutilización de aguas residuales

En la investigación se refiere que es un desafío preocupante para el Perú en poder continuar con las gestiones necesarias para incorporar el agua en los procesos cotidianos de la sociedad, limitándose a solo cumplir las normativas vigentes y no van más allá en el beneficio; no solo del generador si no de su entorno evitándose la degradación de los cuerpos receptores de agua con su disponibilidad. (Paucar, 2020)

Base Legal o normativa

Ley de Recursos Hídricos N°29338. Ley que regula el uso y conservación de los recursos hídricos, estableciendo principios de protección y gestión sostenible (Ley N° 29338).

D.S. N° 003-2010-VIVIENDA. Normativa que establece los lineamientos para el manejo de aguas residuales y su tratamiento, incluyendo normas específicas para efluentes industriales (D.S. 003-2010-VIVIENDA)

Norma Técnica N° 001-2001-PRODUCE. Normativa que establece los parámetros de calidad para efluentes industriales, buscando reducir la contaminación en cuerpos de agua (NT N° 001-2001-PRODUCE)

Resolucion Ministerial N° 044-2014-MINAM. Normativa que establece los criterios de calidad ambiental para el vertido de aguas residuales, buscando proteger la salud pública y el medio ambiente. (RM N°044-2014-MINAM)

Reglamento de la Ley N° 28611 Ley general del ambiente. Normativa que define las obligaciones para la gestión de residuos y efluentes industriales, promoviendo practicas sostenibles (Ley N° 28611)

Ley General de servicios de saneamiento. Establece el marco normativo para la gestión de servicios de saneamiento, incluyendo el tratamiento y disposición de aguas residuales (Ley N° 26450).

Norma Técnica para la descarga de aguas residuales domesticas e industriales. Establece los límites permisibles de contaminantes (R.M. N° 110-2010-VIVIENDA)

Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales No doméstica. Establece los valores de concentración por cada parámetro físico y químico autorizado para descarga aguas residuales no domésticas. (D.S. N°010-2019-VIVIENDA)

Planteamiento de objetivos

Objetivo General:

Tratar el agua residual del proceso de brillo de la empresa Polysol SA

Objetivos Específicos

OE1: Caracterizar el agua residual del proceso de brillo según sus parámetros

físicos y químicos.

OE2: Evaluar los parámetros fisicoquímicos del proceso de tratamiento
Coagulación y Floculación.

OE3: Cotejar el agua tratada con los parámetros de los anexos de la normativa
de descarga de agua residual (D.S. N°010-2019-VIVIENDA)

Limitaciones

La empresa Polysol no cuenta con una base de datos de los parámetros de cada anexo de los VMA para dar inicio a los estudios preliminares para el tratamiento final de sus aguas residuales.

Según lo indicado por la jefatura de producción, en el último muestreo inopinado realizado por SEDAPAL, CON fecha XX/XX/2022 indicaron una observación por estar cercar al valor máximo admisible de sólidos suspendidos total marcando un registro de 497 mg/l, siendo este su valor máximo admisible de 500mg/L, indicando tener un control a este parámetro para evitar el excedente, ASEVERANDO que en el próximo muestreo se tomara principalmente este parámetro.

La empresa Polysol, mantiene un proceso de decantación primaria que no permite asegurar la disminución de la turbidez ocupando demasiada área física para aplicar otros procesos que permita la optimización de espacio al volumen necesario para su tratamiento de aguas residuales. El área útil en cada columna receptora de solidos no tiene inclinación y sin longitud necesario para asegurar la reducción de la concentración de sólidos, (ver figura 4).

En esta etapa no se tiene un plan preventivo o programa de limpieza profunda para poder retirar los sedimentos y ser dispuesto como residuos sólidos no aprovechables.

Figura 5

Área de tratamiento de decantación de aguas residuales de la empresa Polysol SA, 2023.



CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

La empresa POLYSOL SA, está adscrita a una de líneas de negocio de la Corporativa Nk Management SA, el cual mediante una publicación en la página de empleos “Computrabajo”, se envió la solicitud a la oportunidad de empleo por el puesto de inspector SSOMA.

Se inició con los procesos de selección, con el área de recursos humanos y de conocimientos con el jefe de mantenimiento, que en diferentes situaciones hipotéticas se resolvieron los casos a la medida necesaria para poder ser seleccionado al puesto de inspector SSOMA, iniciando el vínculo laboral.

Los sistemas de selección de recursos humanos fueron de diferentes pruebas de desarrollo psicológico, como la prueba de dibujo bajo la lluvia y elegir secuencias relacionadas entre sí, y posterior entrevista con el reclutador

El jefe de mantenimiento, durante la entrevista realizo diferentes casos ejemplares para resolver, como desarrollarse a un caso de accidente o como contralar los procesos unitarios de una planta de tratamiento de aguas residuales con sistemas de reúso en el proceso productivo.

Los primeros días en la empresa, fueron de inducción laboral con los recorridos internos por todas las líneas de negocio de la corporación para el reconocimiento de sus actividades y procesos específicos, enfocados al alcance de seguridad y medio ambiente, desarrollando de esta forma según el perfil establecido en el puesto de trabajo.

Las funciones principales estuvieron enfocados en la parte de seguridad industrial, en mejorar su sistema de gestión de seguridad para la reducción de los indicadores de accidentabilidad y en medio ambiente, la responsabilidad del manejo adecuado del tratamiento de aguas residuales para el cumplimiento de la normativa

vigente de las descargas a la red pública, siendo este último una necesidad en la Empresa Polysol SA., la intervención para la mejora correctiva posterior, observación paliativa de SEDAPAL a su parámetro de sólidos en suspensión.

El jefe de mantenimiento de la empresa Polysol, solicito la asesoría necesaria a oficina SSOMA de NK Management SA como búsqueda de recomendaciones para el levantamiento de la observación inicial realizado por SEDAPAL, iniciándose con reuniones para reconocer la problemática y oportunidades de mejora de su proceso de tratamiento en conjunto con el gerente general de la empresa.

Posterior, se desarrollaron visitas técnicas al área de producción para la toma de datos técnicos del proceso de brillo, como la toma de tiempos, registro de consumo de agua y entrevista con los trabajadores para la recolección de datos durante los horarios de trabajo, validándose en reunión con gerencia general y jefatura de producción.

Etapas de Proyecto:

Reconocimiento del proceso para la elección de muestreo de las aguas residuales

Para la autorización de los ingresos a la empresa POLYSOL, se realizaron las coordinaciones directamente con el jefe de producción, presentando todos los documentos necesarios, como el seguro complementario de trabajo de riesgo y equipos de medición de agua necesarios. Este proceso solo duro un día para tener la aprobación de ingreso.

La primera semana, se visualizaron todo el proceso productivo para que de esta forma se pueda reconocer en que proceso se descarga agua residual y si este proceso influye en el tratamiento de agua, concluyendo que solo el proceso de brillo, es la actividad que descarga agua residual.

Mediante una reunión con la jefatura de producción, posteriores visitas técnicas se acordaron en tener dos puntos de muestreo de agua residual. El primer punto es en la descarga de agua residual del proceso de brillo (M01), y el segundo después del tratamiento de agua residual actual (M02).

Las caracterizaciones de agua de cada punto de muestreo se realizaron por dos semanas de trabajo, el cual se diferenció por 03 horarios diferentes para la homogenización de la muestra, siendo estas a las 10:00, 14:00 y 18:00 horas, respetando el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de agua y con los equipos de laboratorio se tomaron las lecturas de M01 y M02, creándose así una base de datos para su posterior interpretación en gabinete.

Posterior análisis de datos, se agendo una reunión con gerencia general y jefatura de producción para la presentación de los resultados, tomándose como acuerdo final la necesidad de mejorar el sistema de tratamiento de agua con la adición de insumos químicos, para la reducción principal de la turbidez y clarificación de la misma.

Test de jarras para el tratamiento de agua residuales

En la reunión anterior, se acordó que el agua tratada no debe de presentar color y turbidez, por eso no se utilizan los químicos con características ferrosas, que tiene el riesgo de presentar tonalidad mínima marronada, sino, se utilizan como coagulantes y floculante derivados de aluminio para asegurar su clarificación.

En gabinete, por una semana se solicitaron a diferentes proveedores de químicos de tratamiento de aguas, los productos más comerciales siendo la elección de coagulante el policloruro de aluminio y floculante como polímero anionico para el inicio de las pruebas con el agua residual del proceso de brillo, siendo estos la solicitud del autor a la jefatura de producción la solicitud de compra de cada producto.

Las 02 semanas siguientes, el autor por cada día recolectan muestra de 20 Litros para las pruebas de jarras iniciándose de esta forma con los ensayos para determinar la concentración optima de los productos químicos con el agua residual del proceso de brillo.

Cada ensayo, se decidió la inyección a una muestra de un 1 litro, diferentes concentraciones de coagulante y coagulante, para luego tomar lectura de su turbidez en comparativa con el inicial, afinándose con cada ensayo realizado.

Figura 6

Medición de dosificación de los insumos químicos a las pruebas de jarras



Finalizada los ensayos determinándose ya la formula química, el autor en una reunión con gerencia general y jefatura de producción se presentaron los resultados positivos de agua tratada, tomándose la decisión de replicar a nivel industrial la inyección de químicos para visualizar el proceso a escala real.

Figura 7

Test de jarras para la determinación de los químicos coagulante y floculante.



Tratamiento de aguas residuales a escala industrial

Para el inicio a escala real, el autor en coordinación con jefatura de producción se envió a crear dos solicitudes de compra de dos equipos dosificadores de fluido a presión para la inmersión al tratamiento químico y de esta forma procesar de forma automático todo el volumen descargado del proceso de brillo como agua residual.

Posterior adquisición de los equipos dosificadores, el autor en dos días realizo las calibraciones de los equipos al caudal de tratamiento necesario para la mezcla del químico y de esta forma dar seguridad en la floculación.

Revisando la necesidad de que los químicos tenga tiempo de contacto, el autor en coordinación con jefatura de producción se envió a crear una tubería tipo serpiente y así con el mismo caudal se pueda mezclar en esta tubería, tal como se puede apreciar en la Figura 8, optimizando de esta forma el espacio de tratamiento. Realizando esta implementación después de una semana.

Figura 8

Tubería tipo "serpiente" para el tratamiento químico



Se procedió a iniciar el proceso, manteniendo los puntos de muestreo M01 y M02, para verificar el porcentaje de remoción de turbidez, y si este cumple con los valores máximos admisibles (D.S. N°010-2019-VIVIENDA).

Para ello, el autor realizó un seguimiento constante alrededor de 10 días verificando que el proceso no presente ninguna anomalía, tomando muestras para su caracterización y comparando los resultados con los valores necesarios para su reúso.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Caracterización de las aguas residuales del tratamiento actual del proceso de brillo

Posterior determinación de los puntos de monitoreo establecidos en reunión con la gerencia de producción, se realiza las mediciones para conocer la actualidad los parámetros físicos de solidos suspendidos totales. En la tabla 1 se muestra todos los registros recopilados en planta.

Tabla 1

Resultados de la caracterización al tratamiento actual a las aguas residuales del proceso de brillo.

ENSAYO	PH	SST (mg/l)		E (%)
		PUNTO M01	PUNTO M02	
E1	7.45	18480	1560	91.56%
E2	7.37	21410	1720	91.97%
E3	7.83	22790	1830	91.97%
E4	7.46	24320	1870	92.31%
E5	7.47	18700	1640	91.23%
E6	7.35	19560	1720	91.21%
E7	7.38	21780	1810	91.69%
E8	7.5	19640	1750	90.09%
E9	7.52	18430	1730	90.61%
E10	7.34	18900	1450	92.33%
E11	7.32	21540	1840	91.46%
E12	7.45	23560	1960	91.68%

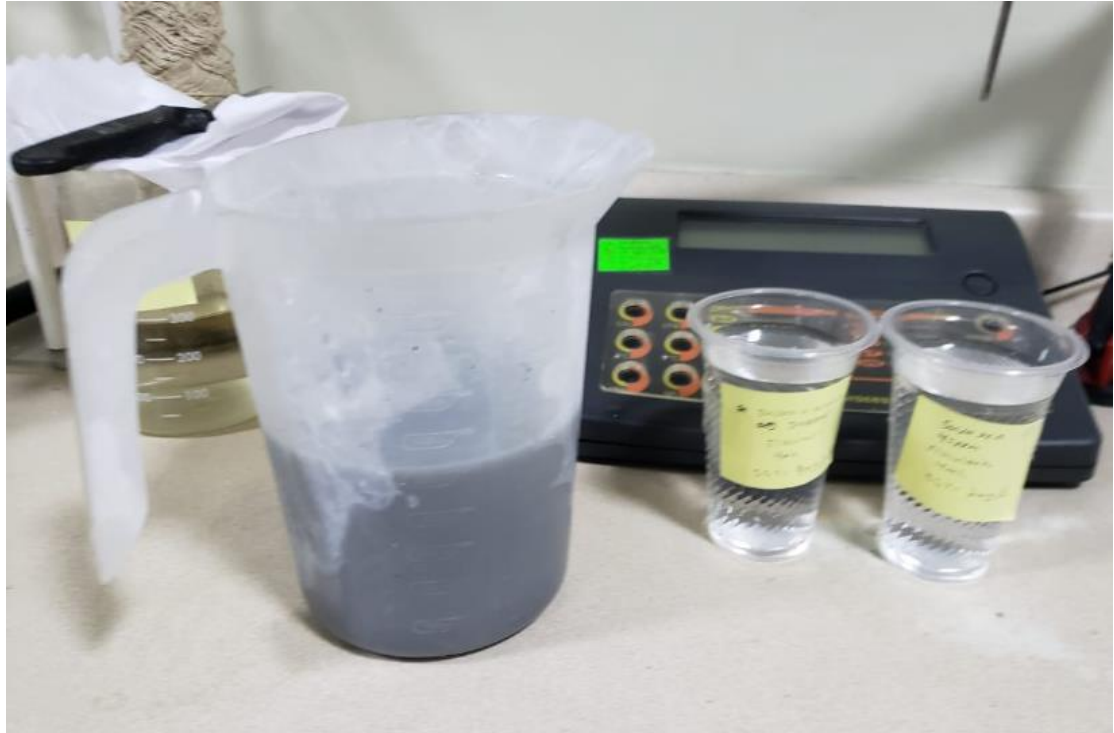
E13	7.52	22450	1850	91.76%
E14	7.49	19840	1810	90.88%
E15	7.32	21050	1880	91.07%

En la Tabla 1, las descargas de agua residual del proceso de brillo mantienen una concentración de Sólidos Suspendidos Totales de 20830 mg/l y posterior tratamiento de decantación primaria de 1761.3 mg/l, estableciendo su eficiencia de remoción de turbidez de 91.52% del tratamiento actual con un pH de 7.45

En la Figura 9 del Punto M01, podemos observar la característica de color azulada con partículas suspendidas que se descarga del proceso de Brillo.

Figura 9

Característica de color plumizo del agua residual del proceso de brillo



Evaluación del tratamiento físico químico mediante la coagulación y floculación.

En la tabla 2 se presentan todos los ensayos de jarras realizados, determinándose la dosificación del coagulante de 1ml y floculante de 4ml para el tratamiento químico, ya que en las pruebas aseguran el 99.89% de remoción de turbidez

Tabla 2

Resultados de los parámetros físico y químico de las pruebas de Jarras a las muestras del proceso de brillo.

ENSAYO	PH	Coagulante (ml)	Floculante (ml)	SST (mg/l)		E (%)
				Entrada	Salida	
E1	7.41	1	2	28990	210	99.28%
E2	7.23	1	2	31250	250	99.20%

TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL PROCESO DE BRILLO EN LA INDUSTRIA DE
BOTONES POLYSOL S.A.

E3	7.44	1	4	34190	110	99.68%
E4	7.51	2	2	31790	310	99.02%
E5	7.34	2	2	27680	197	99.29%
E6	7.43	2	8	28970	61	99.79%
E7	7.56	1	4	29870	51	99.83%
E8	7.64	2	4	31650	154	99.51%
E9	7.43	2	4	29860	165	99.45%
E10	7.51	2	8	27890	54	99.81%
E11	7.43	2	8	31690	63	99.80%
E12	7.44	1	6	28790	150	99.48%
E13	7.47	1	4	29650	34	99.89%
E14	7.41	1	4	25670	45	99.82%
E15	7.43	1	4	29870	65	99.78%

En la Figura 10 de las pruebas de jarras, podemos observar la característica de sin color y sin turbiedad en la columna de agua

Figura 10

Clarificación de las muestras en las pruebas de jarras.



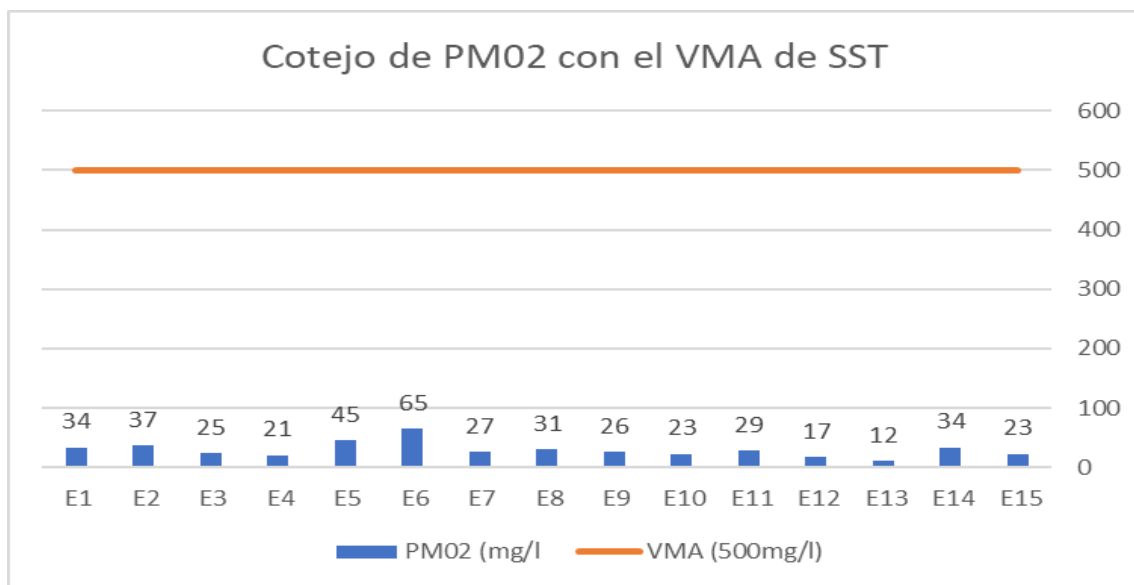
Cotejo del agua clarificada con la normativa de descarga de agua residual (D.S. N°010-2019-VIVIENDA).

Posterior inyección a escala real y nuevamente tomado como referencia al punto de salida, en la Figura 11 se presentan los resultados del punto PM02 en comparativa con el

valor máximo admisible para sólidos suspendidos totales, asegurando el proceso para la aprobación de inyección de químicos al tratamiento de aguas residuales

Figura 11

Cotejo de la calidad de agua tratada en relación a los sólidos suspendidos totales según el VMA (D.S. N° 010-2019-VIVIENDA)



CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Para el tratamiento de aguas residuales del proceso de brillo de la empresa Polysol SA y en conformidad a la normativa de descarga a la red de alcantarillado fiscalizada por la SEDAPAL, se concluye que la inyección de insumos químicos como sulfato de aluminio y poliacrilamida aniónico granulado permite asegurar la remoción de SST al 99.89%. Durante este proceso se aprendió que el muestreo de agua residual debe realizarse durante el periodo de trabajo de planta. Adicionalmente se observó el desarrollo de las competencias trabajo individual y de equipo con los actores principales durante la ejecución del proyecto.

En la caracterización del agua del proceso de brillo se identifican que el valor de sólidos suspendidos totales antes de su decantación es de 20830 mg/l y posterior reduce a 1761.3 mg/L y el pH mantiene un valor neutro de 7.45 Ph. Evidenciándose de esta forma el desarrollo de la competencia de análisis del problema por el material fino tipo polen utilizado para el proceso de brillo en los botones que se mantiene como materia coloidal en la columna de agua.

En las pruebas de test de jarras a nivel laboratorio se identificaron que la formula química de 1 ml de sulfato de aluminio y 4ml de poliacrilamida aniónico logra la remoción de solidos suspendidos totales hasta al 34 mg/l, evidenciándose su eficiente al 99.89% para el tratamiento de agua residual. En este proceso se aprendió que con los diferentes ensayos de cada muestra de agua residual reacciona positivamente manteniendo un Ph a niveles neutro, adicionalmente se desarrolló la competencia de aprendizaje permanente para garantizar la eficiencia de remoción por el uso de insumos químicos.

En el tratamiento con insumos químicos a nivel industrial se concluye que el agua tratada mantiene datos debajo de los 65 mg/l, permitiendo asegurar el cumplimiento de la

normativa de sólidos suspendidos totales al 100%, evidenciándose que en cada muestra presento una calidad de agua sin color, sin olor y mínima turbiedad que se puede afinar con un filtro en físico para evaluar su reingreso al área de producción para optimizar el consumo de agua en la empresa Polysol. Adicionalmente se desarrolló la competencia de conocimientos de ingeniería para la calibración de equipos de inyección a presión, y creación de tubería para mejorar el tiempo de contacto de los insumos químicos durante la ejecución del proyecto.

Recomendaciones

- Se recomienda que al realizar los muestreos de aguas residuales se requiere que la planta se encuentre activa o trabajando para tener una muestra representativa de forma homogenizada para asegurar su interpretación.
- Se recomienda el mejoramiento del proceso de decantación natural para asegurar la precipitación de toda carga positiva y de esta manera mantener la clarificación del agua residual.
- Se recomienda tomar como parámetro importante para la remoción de la turbidez, el valor de Ph a un valor neutro y así los insumos químicos puedan reaccionar positivamente.
- Se recomienda el reúso del agua tratada, ya que se evidencia la clarificación a un 99.89%, sin color y olor, el cual es necesario para su uso en el proceso de brillo. Solo para asegurar en este proceso es necesario añadir un filtro tipo cerrado y a presión para mantener los valores a no mayor de sólidos en suspensión no mayor a 10 mg/l.

REFERENCIAS

- Acura, g. (2024, 25 julio). ¿qué es la coagulación y floculación para el tratamiento de aguas residuales? grupo acura. <https://grupoacura.com/es/blog/coagulacion-floculacion/>
- Ayuque, J (2022) Tratamiento de aguas residuales con cámaras de electrocagulación a escala de laboratorio. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.060>
- Carrillo, E (2023) Comparación de floculantes en el tratamiento de agua residual doméstica. https://www.researchgate.net/publication/370380498_Comparacion_de_floculantes_en_el_tratamiento_de_agua_residual_domestica
- Cerna, c. a. (2022). optimización de las dosis de alúmina en diferentes valores de ph y turbidez iniciales para la remoción de turbidez en el agua de consumo humano de la unas. universidad nacional agraria de la selva. <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/38c7fe37-678b-44e9-bb44-e889ac459f6f/content>
- Cristina, c. c. n. (2021). evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua de efluentes del río chillón durante los meses enero a junio del 2019. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4126>
- Institutodelaguaes. (2024, 19 enero). aguas residuales urbanas: definición, impacto y tratamiento en las ciudades modernas | instituto del agua. instituto del agua. <https://institutodelagua.es/aguas-residuales/aguas-residuales-urbanas-definicionaguas-residuales/>
- Mejia, r. m.-m. (s. f.). tecnologías de tratamiento de aguas residuales industriales para reutilización, reciclaje y recuperación: ventajas, desventajas y brechas. researchgate, 1(1), 1. https://www.researchgate.net/publication/357144710_industrial_wastewater_treatment_technologies_for_reuse_recycle_and_recovery_advantages_disadvantages_and_gaps

- Paucar, F (2020) Los desafíos de la reutilización de las aguas residuales en el Peru.
<https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/download/599/659/1968>
- Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales | sinia. (s. f.). <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/protocolo-nacional-monitoreo-calidad-recursos-hidricos-superficiales>
- Rodríguez, s. g. (2023). tratamientos avanzados para la regeneración de aguas residuales. <https://doi.org/10.20868/upm.thesis.73589>
- Rojas, r. (2022). gestion integral de tratamiento de aguas residuales. studocu. <https://www.studocu.com/co/document/servicio-nacional-de-aprendizaje/control-ambiental/gestion-integral-del-tratamiento-ar/34958103>
- Romellón cerino, m. j., cocoletzi vázquez, e., & lópez ocaña, g. (2023). tratamiento de aguas residuales domésticas de una institución educativa por un sistema de humedales artificiales en serie. *universita ciencia*, 11(30), 147–162. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7843244>

ANEXOS

Anexo 1

Valores máximos admisibles según D.S. N° 010-2019-VIVIENDA

ANEXO N° 1

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	DBO ₅	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	DQO	1000
Sólidos Suspendedos Totales	mg/l	S.S.T.	500
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	100

ANEXO N° 2

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/l	Al	10
Arsénico	mg/l	As	0.5
Boro	mg/l	B	4
Cadmio	mg/l	Cd	0.2
Cianuro	mg/l	CN-	1
Cobre	mg/l	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/l	Cr ⁶⁺	0.5
Cromo total	mg/l	Cr	10
Manganeso	mg/l	Mn	4
Mercurio	mg/l	Hg	0.02
Níquel	mg/l	Ni	4
Plomo	mg/l	Pb	0.5
Sulfatos	mg/l	SO ₄ ⁻²	1000
Sulfuros	mg/l	S ⁻²	5
Zinc	mg/l	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	NH ⁴⁺	80
Potencial Hidrógeno	unidad	pH	6-9
Sólidos Sedimentables	ml/h	S.S.	8.5
Temperatura	°C	T	<35

Anexo 3

Certificado de verificación de equipo de medición de SST y PH (DR 900)



ESPECIALISTAS EN EQUIPOS
PARA EL TRATAMIENTO
DEL AGUA



CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN
Número de Certificado ICH-042023-03

<p>1. SOLICITANTE : INKA CROPS S.A.</p> <p>2. DIRECCIÓN : av. El Santuario nro. 1127, urb. Zarate, San Juan de Lurigancho – Lima.</p> <p>3. INSTRUMENTO : COLORIMETRO</p> <p>MARCA : Hach</p> <p>MODELO : DR900</p> <p>NUMERO DE SERIE : 132940001026</p> <p>IDENTIFICACIÓN : CFQ-22</p> <p>ALCANCE : 420, 520, 560 y 610 nm</p> <p>RESOLUCIÓN : 0.01</p> <p>PROCEDENCIA : USA</p> <p>4. UBICACIÓN : Laboratorio de AQA QUIMICA S.A.</p> <p>5. FECHA DE VERIFICACIÓN : 2023-04-15</p> <p>6. METODO DE VERIFICACIÓN La verificación se efectuó según PSI-IN-005 "Procedimiento de calibración y Verificación para medidores de colorimetría" de AQA Química S.A.</p> <p>7. TRAZABILIDAD Se utilizó los siguientes kits de estándares:</p>	<p>Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto verificado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.</p> <p>Se recomienda al usuario verificar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.</p> <p>AQA Química S.A. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la verificación aquí declarados.</p> <p>Este certificado de verificación es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realzan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Este certificado de verificación no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de AQA Química S.A.</p> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  ----- José Lozada Ruiz Servicio Técnico Hach </div>
--	--

Código: PSI-FO-014
Versión: 001

Aprobado por: CC
UIL Rev. 2012-06-25



ESPECIALISTAS EN EQUIPOS
PARA EL TRATAMIENTO
DEL AGUA



UNA EMPRESA CON SISTEMA DE
GESTIÓN DE CALIDAD ISO 9001

B. CONDICIONES DE VERIFICACIÓN

Temperatura ambiental : 28 °C
Humedad Relativa : 49 %H.R.

9. RESULTADOS

Longitud de Onda (nm)	Valor Indicado (Abs)	Valor Referencia (Abs)	Error (Abs)	E.M.P. (Abs)
420	0.626	0.625	0.001	±0.050
	1.219	1.220	-0.001	±0.100
	1.763	1.764	-0.001	±0.150
520	0.625	0.625	0.000	±0.050
	1.211	1.230	-0.019	±0.100
	1.779	1.783	-0.004	±0.150
560	0.636	0.641	-0.005	±0.050
	1.241	1.230	-0.009	±0.100
	1.818	1.830	-0.012	±0.150
610	0.630	0.614	0.016	±0.050
	1.220	1.191	0.029	±0.100
	1.790	1.730	0.060	±0.150

Valor de referencia= Valor Indicado – Error.

Código: PSI-FO-014
Versión: 001

Aprobado por: CC
Ult. Rev. 2012-06-25



*ESPECIALISTAS EN EQUIPOS
PARA EL TRATAMIENTO
DEL AGUA*



UNA EMPRESA CON SISTEMA DE
GESTIÓN DE CALIDAD ISO 9001

10. OBSERVACIONES

No se encontró observaciones que puedan afectar el buen funcionamiento del equipo.

E.M.P.= Error Máximo Permitido.

Los resultados se encuentran dentro de los criterios de aceptabilidad.

Se colocó un sticker adhesivo con la indicación del servicio.

(FIN DEL DOCUMENTO)



Código: PSI-FO-014
Versión: 001

Aprobado por: CC
UIL Rev. 2012-06-25

Oficina Administrativa
Av. General Gonzales 2210-
Jesús María Lima - Perú
Tel: (51) 012-2500 Fax: (51) 261-2858
www.aqaquímica.com

Oficina Comercial
Paseo Manuel González Prada 705
Miguelina del Mar - Lima - Perú
Tel: (51) 204-5700 Fax: (51) 204-5704 / Central Number: 837*1388
ventas@psi@aqaquímica.com

Anexo 4

Ficha técnica del coagulante inorgánico



TECNOFLOC 2256

COAGULANTE INORGANICO

- ✓ Agente coagulante aplicable en el tratamiento de agua potable y aguas residuales.
- ✓ Posee un fuerte poder de coagulación.
- ✓ Alta eficiencia en aguas con alta carga contaminante.
- ✓ Alta performance en la eliminación de sólidos, DCO y DBO.
- ✓ Efectivo para la remoción de fósforo.
- ✓ Compatible con los tratamientos biológicos.
- ✓ Aplicable en un amplio rango de PH (5 a 10)
- ✓ Requiere presencia de alcalinidad en el agua cruda.

Usos principales

Tecnofloc 2256 ha sido formulado para la clarificación de agua potable, residual municipal y residual industrial. Es usado como neutralizante de sustancias alcalinas. Puede usarse en conjunto con coagulantes orgánicos. Es un buen acondicionador de lodos mejorando la deshidratación.

Descripción General

Tecnofloc 2256 es una solución de polibromuro de aluminio, con las siguientes características:

Forma:	Líquido
Color:	Incoloro a amarillo
Gravedad específica:	1,28 – 1,33 (25°C)
Solubilidad:	100% en agua

Dosis

La dosis de Tecnofloc 2256 varía de acuerdo al tipo de proceso y efluente tratado. El Representante Técnico de TECNOCHEM le asesorará en el establecimiento de la dosis más adecuada a su situación particular.

Modo de Empleo y Alimentación

Tecnofloc 2256 debe alimentarse de una manera continua al proceso, cualquiera que sea su aplicación, en un punto de buena agitación y mezcla, a través de bombas dosificadoras de plástico o cualquier otro material resistente al ácido. El producto es totalmente soluble en agua, por lo tanto, su preparación es muy sencilla.

Despacho y Almacenamiento

Tecnofloc 2256 se despacha en cilindros de 270 Kg y a granel. Se recomienda almacenarlo en un lugar seco y fresco. Tiempo de vida útil 12 meses a partir de la fecha de fabricación.

Manejo y Seguridad

Tecnofloc 2256 no presenta riesgos en su manejo. Como todo producto químico evite el contacto con la piel y ojos. No ingerir. En caso de contacto con ojos y piel y ropa, lavarse con mucha agua. Si se presenta irritación de ojos, acudir inmediatamente al médico.

La aplicación o métodos de manejo, almacenamiento, uso y disposición de producto y/o sus envases están fuera de nuestro control, por lo tanto, la empresa no asume y desconoce toda responsabilidad por pérdida, daño u otra situación que esté relacionada con el manejo, uso o disposición del producto o sus envases. La empresa no asume responsabilidad alguna por daños al comprador o a terceras personas causados por uso anormal del material y/o sus envases, aun siguiendo procedimientos razonables de seguridad.

Los datos suministrados fueron obtenidos de fuentes confiables, sin embargo, no se expresa ni se implica garantía alguna con respecto a la exactitud de estos datos o los resultados que se obtengan por el uso del material.

FI 00-2020, Revisión 1

Anexo 5

Ficha Técnica del Floculante



TECNOFLOC 2540

POLIMERO ANIONICO

- Aplicable a diversos procesos industriales como el azucarero y el papelerero.
- Aplicable a una gran variedad de aguas y efluentes industriales.
- Ideal para la deshidratación mecánica de lodos orgánicos e inorgánicos.
- Trabaja en un rango amplio de PH de 1 a 12.
- Fácilmente soluble en aguas.
- Excelente relación costo rendimiento. Trabaja a dosis bajas.

Usos principales

Tecnofloc 2540 ha sido especialmente formulado para deshidratación mecánica de lodos provenientes de procesos de clarificación y espesamiento de efluentes industriales. **TECNOFLOC 2540** tiene excelente aplicación en los procesos azucareros (clarificación de jugo) y papeleros. **TECNOFLOC 2540** cumple con la normativa FDA Título 21 CFR 173.10

Descripción General

Tecnofloc 2540 es un polímero floculante sólido de muy alto peso molecular, altamente aniónico con las siguientes características:

Forma:	Sólido granular
Color:	Bianco a beige
Olor:	Inodoro
Densidad:	600 a 800 Kg/m³
Solubilidad:	Máximo 0.5% en agua
Viscosidad UI:	6.50-7.50 cps

Dosis

La dosis de **Tecnofloc 2540** varía de acuerdo al tipo de proceso y efluente tratado. El Representante Técnico de **TECNOCHEM** le asesorará en el establecimiento de la dosis más adecuada a su situación particular.

Modo de Empleo y Alimentación

Tecnofloc 2540 se puede alimentar de manera continua al proceso en un punto de buena agitación y mezcla, utilizando una bomba dosificadora de acero dulce o cualquier otro material compatible. Para obtener el mejor rendimiento, se debe preparar el producto en soluciones de hasta 0.5% de concentración y luego alimentar al 0.1% de concentración.

El tiempo de preparación de las soluciones de **Tecnofloc 2540** es de 40 minutos. Se recomienda realizarlo de la siguiente manera:

- ✓ Agregarlo lentamente al agua mientras se agita. Esto evita la formación de grumos o apelmazamientos.
- ✓ Agitar suavemente durante 10 a 15 minutos.
- ✓ Dejar en reposo durante 5 a 10 minutos.
- ✓ Finalmente agitar por 15-20 minutos.

Despacho y Almacenamiento

Tecnofloc 2540 se despacha en sacos de 25 Kg y 750 Kg. Se recomienda almacenarlo en un lugar seco y fresco. Mantener los envases cerrados para evitar hidratación. Tiempo de vida útil 24 meses a partir de la fecha de fabricación.

Manejo y Seguridad

Tecnofloc 2540 no presenta riesgos en su manejo. Como todo producto químico evite el contacto con la piel y ojos. No ingerir. En caso de contacto con ojos y piel y ropa, lavarse con mucha agua. Si se presenta irritación de ojos, acudir inmediatamente al médico.

La aplicación o métodos de manejo, almacenamiento, uso y disposición de producto y/o sus envases están fuera de nuestro control, por lo tanto, la empresa no asume y desconoce toda responsabilidad por pérdida, daño u otra situación que esté relacionada con el manejo, uso o disposición del producto o sus envases. La empresa no asume responsabilidad alguna por daños al comprador o a terceras personas causados por uso anormal del material y/o sus envases, aun siguiendo procedimientos razonables de seguridad.