

**PROPUESTA DE UN SISTEMA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
PARA LA EMPRESA EIS ELÉCTRICOS, INGENIERÍA, Y SERVICIOS S.A.S**

**ALISON JOHANA MELO TORRES
NICOLLE VALERIA MORA CADENA**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2020**

**PROPUESTA DE UN SISTEMA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
PARA LA EMPRESA EIS ELÉCTRICOS, INGENIERÍA, Y SERVICIOS S.A.S**

**ALISON JOHANA MELO TORRES
NICOLLE VALERIA MORA CADENA**

**Proyecto integral de grado para optar por el título de
INGENIERO QUÍMICO**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.**

2020

Nota de aceptación:

Ing. Juan Andrés Sandoval Herrera.

Ing. David Triviño Rodríguez.

Bogotá D.C., Febrero de 2020.

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCÍA - PEÑA

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos.

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA - PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados (E)

Dra. ALEXANDRA MEJIA GUZMAN

Secretaria General

Dra. ALEXANDRA MEJIA GUZMAN

Decano Facultad de Ingeniería

Ing. JULIO CÉSAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa de Ingeniería Química

Ing. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ

Las directivas de la Fundación Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

DEDICATORIA

Dedico de manera especial a mis padres puesto que este logro es por y para ustedes ya que han sido fuente de inspiración, apoyo y constancia para culminar esta etapa en mi vida, a mi mamá que a pesar de la distancia siempre ha estado a mi lado, llenándome de confianza y motivación, eres mi mejor ejemplo a seguir, a mi papá que desde pequeña me ha enseñado a ser recta y valiente para afrontar todo aquello que se cruce en mi camino, a mi hermano porque no hay nada más satisfactorio que llegar a casa y poder compartir contigo, a mi tía Yita que me abrió las puertas de su hogar y me dejó ser parte de él, a mi familia y mis amigos que siempre han estado acompañándome en este proceso. A mis compañeras de carrera y de vida que más que compañeras son amigas, colegas y confidentes, doy gracias a la vida porque en este proceso pude contar con su infinito amor, su paciencia y dedicación, finalmente a cada uno de ustedes solo puedo agradecerles por brindarme sus enseñanzas y amor para que este sueño fuera realidad.

Alison Johana Melo Torres

A Dios, quien me ha dado fuerza, sabiduría y entendimiento en cada uno de los retos que se han presentado.

Este triunfo se lo dedico a los tres motores de mi vida, porque esto es por ellos y gracias a ellos.

A mi mamá, por su amor inigualable y su lucha constante, por apoyarme siempre y creer en mí, por ser mi guía, fortaleza, fuente de motivación y ejemplo a seguir.

A mi nona, por su espíritu luchador, por su perseverancia, por ser fuente de inspiración y de amor.

A mi hermano Sebastián, por ser el mejor literato, por llenarme de aliento y fuerza, por su nobleza y su gran corazón, por su libertad, su talento y su inigualable amor.

Sé que sin ustedes nada de esto hubiera sido posible.

Y a Ali y Dani, por su lealtad, valentía, por llenar mis días de felicidad, amor y mucha fuerza, por ser parte de cada proceso, gratitud siempre a mis compañeras de camino y vida.

Al culminar este proceso sé que no pude escoger mejor compañera de trabajo de grado, su dedicación, su paciencia y su enorme apoyo hicieron que todo siempre valiera la pena.

Fortuna es lo que siento al saber que cada uno de ustedes hace parte de mi vida.

Nicolle Valeria Mora Cadena

AGRADECIMIENTOS

A nuestro orientador del comité de proyecto de grado, el Ingeniero Edgar Fernando Moreno Torres por su apoyo en el desarrollo de este proceso con su asesoría profesional.

A EIS SAS por abrirnos las puertas y creer en nosotras al confiarnos este proyecto, especialmente a la Directora Administrativa por sus aportes y suministro de información.

Al Docente Felipe Correa Mahecha, por su colaboración y su disposición para el desarrollo de la fase experimental en su jornada de investigación.

A la Coordinadora de Laboratorio de la Universidad América, por su ayuda en la gestión del uso de las instalaciones.

CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	22
OBJETIVOS	24
1. GENERALIDADES	25
1.1 MARCO TEÓRICO	25
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	28
1.2.1 Eléctricos, ingeniería y servicios S.A.S	28
1.2.2 Procesos de producción	29
1.2.3 Actividad económica	30
2. DIAGNÓSTICO Y CARACTERIZACIÓN DE AGUAS EN LA EMPRESA	31
2.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL VERTIMIENTO	31
2.2 BALANCE HÍDRICO	31
2.3 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL	35
3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA UN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	38
3.1 PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS DE UN TRATAMIENTO DE AGUAS	38
3.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN	41
3.3 MATRIZ DE SELECCIÓN	41
4. EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA	44
4.1 REACTIVOS SELECCIONADOS	44
4.2 TEST DE JARRAS	45
4.2.1 Procedimiento	45
4.2.1.1 Resultados y análisis de resultados test de jarras	46
4.3 FILTRACIÓN	51
4.3.1 Procedimiento diseño de filtro, resultados y análisis de resultados	52

4.4 CARACTERIZACIÓN AGUA RESIDUAL TRATADA	55
5. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	578
5.1 CONSUMO DE AGUA QUE SERÁ TRATADA	57
5.2 ALMACENAMIENTO DE AGUA	58
5.3 TRAMPA DE GRASAS	61
5.4 VOLUMEN DE REACTIVOS	65
5.5 TANQUE CLARIFICADOR	65
5.5.1 Diseño agitador	69
5.6 FILTRO	71
5.7 BOMBAS	76
6. COSTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	80
6.1 COSTOS DE INVERSIÓN	80
6.1.1 Costos materia prima	82
6.1.2 Costos servicios públicos	83
6.2 ANUALIDAD SALVAMENTO	84
6.3 COSTO ANUAL EQUIVALENTE	84
6.4 COSTO SANCIÓN AMBIENTAL	85
6.5 BENEFICIO LÍCITO	85
6.5.1 Grado afectación ambiental	87
6.5.2 Circunstancias agravantes y atenuantes	88
6.5.3 Capacidad socioeconómica del infractor	88
6.5.4 Costos asociados	89
6.5.5 Multa generada por mes.	89
7. CONCLUSIONES	91
8. RECOMENDACIONES	92
BIBLIOGRAFÍA	93

LISTA DE DIAGRAMAS

	pág.
Diagrama 1. Etapas para el proceso de producción general de Eléctricos, Ingeniería y Servicios S.A.S	29
Diagrama 2. Tratamiento actual de la empresa (P&ID)	31
Diagrama 3. Primera alternativa	40
Diagrama 4. Segunda alternativa	40
Diagrama 5. Tercera alternativa	40
Diagrama 6. Diagrama del proceso de la alternativa seleccionada	57
Diagrama 7. Test de jarras	100
Diagrama 8. Medición turbidez	101

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Caudal agua residual industrial	34
Ecuación 2. Caudal aguas residuales domésticas	34
Ecuación 3. Balance hídrico de la empresa Eléctricos, Ingeniería y Servicios S.A.S	35
Ecuación 4. Volumen tanque homogenizador	58
Ecuación 5. Volumen del tanque cilíndrico	58
Ecuación 6. Diámetro del tanque cilíndrico	58
Ecuación 7. Altura del tanque cilíndrico	59
Ecuación 8. Área del tanque de almacenamiento	59
Ecuación 9. Volumen trampa de grasas	62
Ecuación 10. Longitud trampa de grasas	62
Ecuación 11. Volumen tanque clarificador	65
Ecuación 12. Diámetro tanque clarificador	65
Ecuación 13. Sección cónica	66
Ecuación 14. Volumen del cono	66
Ecuación 15. Volumen cilíndrico	67
Ecuación 16. Altura sección cilíndrica	67
Ecuación 17. Altura tanque clarificador	67
Ecuación 18. Área tanque clarificador	67
Ecuación 19. Longitud paleta de agitación	68
Ecuación 20. Diámetro del disco central	68
Ecuación 21. Tamaño efectivo del material filtrante	70
Ecuación 22. Coeficiente de uniformidad del material filtrante	71
Ecuación 23. Profundidad del material filtrante	71
Ecuación 24. Profundidad fina	72
Ecuación 25. Área de filtración	72
Ecuación 26. Volumen del filtro	72
Ecuación 27. Diámetro del filtro	72
Ecuación 28. Potencia bomba	74
Ecuación 29. Anualidad de inversión	78
Ecuación 30. Costo anual	78
Ecuación 31. Depreciación equipos	80
Ecuación 32. Anualidad salvamento	81
Ecuación 33. Costo anual equivalente	81
Ecuación 34. Multa	82
Ecuación 35. Beneficio lícito	82
Ecuación 36. Costos Evitados	83
Ecuación 37. Importancia de afectación	83
Ecuación 38. Valor monetario de la importancia de afectación ambiental	84
Ecuación 39. Factor de temporalidad	84
Ecuación 40. Circunstancias agravantes y atenuantes	85

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Consumo de agua en los últimos 5 años en Eléctricos, Ingeniería y Servicios S.A.S	33
Gráfica 2. Concentración Vs Turbidez sin modificación de pH	47
Gráfica 3. pH Vs Turbidez con modificación de pH a concentración de 5ppm	49
Gráfica 4. pH Vs Turbidez con modificación de pH a concentración de 20ppm	50
Gráfica 5. Remoción de turbidez por cada medio filtrante	53
Gráfica 6. Remoción de turbidez por cada lecho filtrante	54

LISTA DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Ubicación de la planta de producción a nivel satelital Eléctricos, Ingeniería y Servicios	28
Imagen 2. Área proceso de producción	29
Imagen 3. Distribución de la red sanitaria Eléctricos, Ingeniería y Servicios S.A.S	32
Imagen 4. Test de Jarras	46
Imagen 5. Test de jarras	51
Imagen 6. Filtro seleccionado (alternativa 1)	55
Imagen 7. Dimensión tanque de almacenamiento	60
Imagen 8. Trampa de grasas actualmente en la empresa Eléctricos, Ingeniería y Servicios S.A.S	61
Imagen 9. Dimensiones trampa de grasas	63
Imagen 10. Dimensiones tanque clarificador	69
Imagen 11. Dimensión del filtro	74

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Resolución 0631 del 2015.	27
Tabla 2. Consumo de agua potable de Julio 2018 - Julio 2019	33
Tabla 3. Caudales del balance hídrico	35
Tabla 4. Caracterización agua cruda	36
Tabla 5. Calificación para realizar matriz de selección	41
Tabla 6. Matriz de selección	43
Tabla 7. Descripción de coagulantes	44
Tabla 8. Resultados test de jarras sulfato de aluminio sin cambio de pH	46
Tabla 9. Resultados test de jarras hidroxiclورو de aluminio sin cambio de pH	46
Tabla 10. Resultados test de jarras clورو férrico sin cambio de pH	46
Tabla 11. Resultados test de jarras sulfato de aluminio con cambio de pH	48
Tabla 12. Resultados test de jarras hidroxiclورو de aluminio con cambio de pH	49
Tabla 13. Resultados test de jarras clورو férrico con cambio de pH	49
Tabla 14. Porcentaje de remoción del mejor coagulante (Hidroxiclورو de Aluminio)	51
Tabla 15. Descripción de materiales granulares	52
Tabla 16. Porcentaje de remoción de cada material granular	52
Tabla 17. Resultados porcentaje de remoción de cada alternativa	53
Tabla 18. Resultados caracterización final	55
Tabla 19. Dimensiones tanque de almacenamiento	59
Tabla 20. Volumen trampa de grasas actual	61
Tabla 21. Dimensiones trampa de grasas	62
Tabla 22. Dimensiones tanque clarificador	69
Tabla 23. Características de los materiales filtrantes	70
Tabla 24. Dimensiones del filtro	73
Tabla 25. Cantidad de material filtrante	73
Tabla 26. Datos para calcular la potencia	74
Tabla 27. Bombas necesarias para el sistema de tratamiento de aguas residuales	75
Tabla 28. Resumen dimensiones de los equipos	76
Tabla 29. Costos de inversión equipos	77
Tabla 30. Costo de inversión mano de obra	77
Tabla 31. Costos materia prima	79
Tabla 32. Costos materiales granulares para filtro	79
Tabla 33. Costos energéticos	80
Tabla 34. Costos agua de servicio	80
Tabla 35. Capacidad de detección	82

LISTADO DE ABREVIATURAS

\$: Pesos
A.C: Agua cruda
CU: Coeficiente de uniformidad
EIS S.A.S: Eléctricos ingeniería y servicios S.A.S.
i: Tasa de interés
h: hora
kg = Kilogramo
KWh: Kilo Watts por hora
L/s = Litros por segundo
n: Tiempo de vida del proyecto
M: Molaridad
m: metro
m²: metro cuadrado
m³: metro cúbico.
min: minutos
mL: mililitro
NaOH = Hidróxido de sodio
Np-p: Numero de personal permanente
NTU: Unidad nefelométrica de turbidez.
PAC: Hidroxicloruro de aluminio.
Q A.R.D.: Caudal agua residual doméstica
Q A.R.I.: Caudal agua residual industrial
QAS: Caudal agua de aseo
QF-F: Caudal personal flotante
QLLU: caudal aguas lluvias
QP-P.: Caudal personal permanente
rpm: revoluciones por minuto
TE: Tamaño efectivo
Tr: Tiempo de retención

GLOSARIO

AGUA RESIDUAL: aguas contaminadas por acción del hombre ya sea en trabajos domésticos e industriales, aunque también están las aguas naturales que por factores externos son mezclados con agentes contaminantes.¹

AGUA CRUDA: también llamada agua bruta y es aquella que no se ha sometido a un proceso de tratamiento².

CARACTERIZACIÓN DEL AGUA: es el estudio que se realiza a una muestra de agua por medio de diferentes pruebas de laboratorio con el fin de conocer los niveles de contaminación a partir de parámetros como pH, sólidos en suspensión, DBO, DQO para así realizar el tratamiento más adecuado según su estado.³

COAGULACIÓN: corresponde a la desestabilización de las partículas coloidales, empleando productos químicos (coagulantes) que en el momento que sea capaz de poner al contacto con el agua sea capaz de neutralizar la carga de los coloides generalmente electronegativos, presentes en el agua y formar un precipitado.⁴

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO): es una medida que determina la cantidad de contaminación a partir de la cantidad de oxígeno que usan los microorganismos en la degradación de los residuos de la materia orgánica biodegradable de una muestra de agua residual⁵.

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO): es una medida que determina la cantidad de contaminantes orgánicos a partir de la cantidad de oxígeno que se consume para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua residual⁶.

EFLUENTES: son descargas residuales que se combinan con diferentes aguas provenientes de diferentes campos como el doméstico, industrial, ganadero, comercial, entre otros y que a su vez se mezclan con aguas subterráneas.⁷

¹ GROUNDFOOS COLOMBIA S.A.S. El término aguas pluviales describe al agua que se origina durante las precipitaciones meteorológicas. [en línea]. [Consultado el 30 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://co.grundfos.com/service-support/encyclopedia-search/stormwater.html>

² ROTOPLAS. Agua cruda [en línea], [Consultado: 25 de noviembre de 2019]. Disponible en internet: <https://rotoplas.com.mx/agua-cruda/>

³ CONDORCHEM. Caracterización del agua residual. Condorchem envitech [en línea], [Consultado el 6 de abril de 2019]. Disponible en internet: <https://blog.condorchem.com/caracterizacion-del-agua-residual/>

⁴ SPENAGROUP

⁵ NAVARRO R, María O. Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días, incubación y electrometría. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia. [en línea], [Consultado el 13 de abril de 2019]. Disponible en internet: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno.pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>

⁶ *Ibid.*, p. 13.

⁷ QUIMTIA INDUSTRIAL. ¿Qué son los efluentes líquidos? [diapositivas]. Slideshare. 2 de octubre de 2018, 10 diapositivas. [Consultado el 30 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://www.slideshare.net/QuimtiaMedioAmbiente/tipos-de-efluentes-industriales-117860304>

FLOCULACIÓN: agrupación de las partículas coloidales desestabilizadas, formando agregados de mayor tamaño denominados “flóculos” a los cuales se les debe aumentar su volumen, su peso y su cohesión.⁸

FLOCULOS (FLOC): masas coaguladas de partículas en los líquidos y se presencia tanto de manera natural como inducida, la inducida consiste en adicionar sustancias químicas que permiten la formación del floculo.⁹

GRASAS Y ACEITES: compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Se caracterizan por presentar baja densidad, poca solubilidad en agua, baja o nula biodegradabilidad y se acumulan en el agua formando natas en la superficie del líquido.¹⁰

MATERIA ORGÁNICA: se caracteriza por estar en estado de descomposición química de los residuos animales, vegetales y todo organismo que alguna vez tuvo vida ya que estas contribuyen a la fertilidad del suelo¹¹.

NORMATIVIDAD AMBIENTAL: aquellas normas que tienen como objetivo asegurar la protección del medio ambiente a través de exigencias de cumplimiento a todas aquellos que generen contaminación ya sea en procesos industriales, domésticos, ganaderos, entre otros¹².

pH: es el potencial de hidrógeno que mide la alcalinidad o acidez de una disolución a partir de la cantidad de concentración de hidrogeniones, es decir, que las ácidas tendrán mayor concentración de iones de hidrogeno y las disoluciones alcalinas tendrán menores concentraciones.¹³

SÓLIDOS SEDIMENTABLES: corresponden al volumen de materia en el agua residual que se sedimenta por la gravedad en un período de tiempo y se miden a partir de volumen como mL/L o de masa como mg/L¹⁴.

TEST DE JARRAS: procedimiento que se lleva a cabo a nivel de laboratorio para determinar las condiciones óptimas, además permite el ajuste del pH y realizar

⁸ BARRAQUE, Ch, et al. Coagulación y floculación del agua. [en línea] [Consultado el 16 de abril de 2019] Disponible en internet: [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/coagulacion_floculacion_agua.pdf]

⁹ RAMSEY, Mark, et al. Flóculo. Oilfield Glossary [en línea] [Consultado el 25 de noviembre de 2019] Disponible en internet: <https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/f/floc.aspx>

¹⁰ TOAPANTA VERA, María Isabel. Calidad del agua: Grasas y aceites. [en línea], [Consultado el 6 de abril de 2019]. Disponible en internet: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/2/GRASASYACEITES.doc>

¹¹ MATERIA ORGANICA. [recurso en línea]. [Consultado el 30 de marzo de 2019]. Disponible en: http://www.ujaen.es/huesped/pidoceps/telav/fundespec/materia_organica.htm

¹² SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL. Normativa ambiental aplicable. SEA. [en línea], [Consultado el 16 de abril de 2019]. Disponible en internet: <https://www.sea.gob.cl/documentacion/permisos-autorizaciones-ambientales/normativa-ambiental-aplicable>

¹³ ECURED. pH (acidez). EcuRed. [en línea], [Consultado el 30 de marzo de 2019]. Disponible en internet: [https://www.ecured.cu/PH_\(acidez\)](https://www.ecured.cu/PH_(acidez))

¹⁴ AGUAMARKET. Sólidos Sedimentables. Aguamarket y Cía. Ltda. [en línea], [Consultado el 6 de abril de 2019]. Disponible en internet: <https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=1874%20&%20termino=S%F3lidos+sedimentables>

experimentos a diferentes dosificaciones de sustancias, generalmente es empleado en el tratamiento de aguas.¹⁵

TRAMPA DE GRASAS: equipo en forma de caja que tiene como finalidad separar los aceites, espumas y jabones de un fluido haciendo que se sedimenten los sólidos presentes y floten todas las grasas para así separar el agua¹⁶.

VERTIMIENTO: cantidad de agua depositada a un cuerpo de agua ya sea alcantarillado, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido.¹⁷

¹⁵ MORENO, Linda, et al. Test de jarras. Laboratorio de agua y saneamiento SENA. [en línea], [Consultado el 25 de noviembre de 2019]. Disponible en internet: <http://laboratoriosaguasena.blogspot.com/2015/05/test-de-jarras.html>

¹⁶ QUIIMA. Trampas de grasa. Quima. [en línea], [Consultado el 13 de abril de 2019]. Disponible en internet: <https://quima.com/blogs/blog/trampas-de-grasa>

¹⁷ MINISTERIO DE AMBIENTE. Minambiente presenta nueva Norma de Vertimientos que permitirá mejorar la calidad agua del país. Minambiente. [en línea], [Consultado el 25 de noviembre de 2019]. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/1700-minambiente-presenta-nueva-norma-de-vertimientos-que-permitira-mejorar-la-calidad-agua-del-pais>

RESUMEN

El propósito de este proyecto consistió en el desarrollo de una propuesta para la implementación de un sistema de tratamiento de aguas para la empresa EIS SAS con el fin de crear una solución al vertimiento final que se basa en el cumplimiento de parámetros según la normatividad 0631/2015 para su disposición en el alcantarillado.

Inicialmente se realizó el diagnóstico de la compañía a partir del estudio de los procesos industriales para identificar los agentes contaminantes involucrados en la contaminación del efluente; enseguida se realizó una revisión del consumo de agua desde el 2015 hasta el 2019 haciendo énfasis en el consumo del último período; también se identificaron las propuestas implementadas en la empresa para disminuir la carga contaminante, en este caso, la trampa de grasa. Para la conclusión de este objetivo se realizó una caracterización con un laboratorio externo para evidenciar qué parámetros estaban fuera de los valores establecidos.

Para seleccionar la propuesta de acuerdo con los requerimientos de la empresa, se planteó una matriz de selección donde se evaluaron 4 criterios y las 3 propuestas con cada proceso de manera teórica. Luego de escoger la adecuada para la compañía, se llevó a cabo la fase experimental donde se escogió el estabilizador de pH (Hidróxido de Sodio) y la dosis de coagulante (Hidroxiclورو de Aluminio) a usar para lograr la remoción de la turbidez y así mismo la disminución de los parámetros de DBO y DQO.

Por consiguiente, se realizó la especificación y el escalonamiento de los equipos y reactivos a partir de características evaluadas de forma teórica y finalmente, se realizó el estudio de los costos que conlleva la puesta en marcha del tratamiento en la empresa.

Palabras claves: agentes contaminantes, coagulante, efluente, turbidez, tratamiento.

INTRODUCCIÓN

La compañía Eléctricos, Ingeniería, y Servicios S.A.S es una empresa ubicada en la Autopista Bogotá – Medellín Km 7 Costado sur, que cuenta con una trayectoria de más de 50 años dedicada a ofrecer servicios en cuanto a diagnóstico y mantenimiento de transformadores de distribución, potencia, generadores y motores eléctricos en el sector energético, industrial, petrolero, de acueducto y alcantarillado a nivel nacional. Teniendo en cuenta la actividad que desarrolla la empresa el 90% de los residuos generados provienen de los procesos de lavado de motores y transformadores, los contaminantes a tratar son sólidos suspendidos, DBO, DQO, fenoles, grasas y aceites.

En los últimos años se ha reconocido la importancia del tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales con el fin de proteger el medio ambiente y al mismo tiempo evitar la propagación de enfermedades en el entorno; es esencial llevar a cabo un sistema de tratamiento de aguas para evitar sanciones por la falta de incumplimiento a la norma del artículo 14 de la Resolución 0631/2015 la cual establece los parámetros máximos permisibles de los vertimientos de efluentes en el sector de mantenimiento eléctrico. Por esta razón se realiza este proyecto como una alternativa para la compañía Eléctricos, Ingeniería y Servicios S.A.S con el fin de cumplir la normatividad.

La propuesta se estudia a partir de la selección de la alternativa adecuada por medio de una matriz de selección y la respectiva calificación, también se realiza la parte experimental donde se evalúa la eficiencia y los costos.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la empresa ELÉCTRICOS, INGENIERÍA, Y SERVICIOS S.A.S.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Diagnosticar el estado actual del agua residual generada en los procesos de lavado de equipos.
2. Seleccionar el sistema adecuado que permita la disminución de DBO, DQO, Grasas y aceites, y fenoles.
3. Especificar los equipos que se requieren en el tratamiento seleccionado para la empresa EIS S.A.S.
4. Realizar el análisis financiero para la implementación del tratamiento de aguas residuales.

1. GENERALIDADES

En éste capítulo se realiza la descripción de conceptos claves y generalidades de la empresa Eléctricos, Ingeniería y Servicios S.A.S. con la finalidad de contextualizar al lector.

1.1 MARCO TEÓRICO

Se entiende por agua residual a aquellas que han sido utilizadas por el hombre en las actividades diarias ya sean domésticas, industriales y comerciales¹⁸, debido a la gran cantidad de contaminantes que poseen, deterioran su calidad disminuyendo su capacidad de uso y sometiéndola a tratamientos. Según su origen, las más comunes se clasifican en:

- Aguas Residuales Domésticas: también conocidas como aguas servidas, de origen residencial y producto de la utilización del líquido en las actividades del hogar. Pueden contener materia orgánica, microorganismos, grasas, detergentes, jabones.¹⁹
- Aguas Residuales Industriales: también conocidas como aguas residuales no domésticas, provenientes de diferentes procesos productivos realizados en fábricas, presentan una alteración química, física y biológica y pueden contener agentes contaminantes muy difíciles de erradicar que afectan al medio ambiente.²⁰
- Aguas de lluvias (Pluviales): es el agua menos contaminada y se origina durante los fenómenos meteorológicos con precipitación como resultado: lluvia, nieve y granizo.²¹
- Aguas residuales agrícolas: procedente de zonas rurales utilizadas para riego agrícola, van directamente a los efluentes sin previo tratamiento. Poseen componentes como fertilizantes, materia orgánica, pesticidas, entre otros.

Las aguas industriales según sus vertimientos se pueden clasificar en cinco grupos:

1. Industrias con vertimientos principalmente de tipo orgánico: sus vertimientos se constituyen en materia orgánica en suspensión y decantable, como industrias

¹⁸ ESPIGARES GARCÍA M. y PÉREZ LÓPEZ J. A. Aguas residuales, Composición [en línea] [Consultado el 20 de septiembre de 2019] Disponible en internet: http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

¹⁹ SILVA BURGA, Javier Alejandro. Evaluación y rediseño del sistema de estabilización de la Universidad de Piura. Perú. Universidad de Piura. 2004. P. 12

²⁰ *Ibíd.*, p. 1

²¹ GROUNDFOSS COLOMBIA S.A.S. El término aguas pluviales describe al agua que se origina durante las precipitaciones meteorológicas. [en línea]. [Consultado el 30 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://co.grundfos.com/service-support/encyclopedia-search/stormwater.html>

azucareras, papeleras, curtidos, mataderos, fábricas de lácteos y subproductos.²²

2. Industrias con vertimientos de tipos orgánico e inorgánico: sus vertimientos se constituyen en materia orgánica, aceites, fenoles, amoniacos y sulfuros, como industrias químicas, petroquímicas, textiles, refinerías.
3. Industrias con vertimientos de tipo inorgánico: sus vertimientos se constituyen en metales pesados, fenoles, alquitranes, aceites, grasas, pH, materias en suspensión, sulfuros. Las industrias involucradas son químicas de limpieza, recubrimientos de metales, explotaciones mineras.
4. Industrias con vertimientos que contienen materia en suspensión: sus vertimientos se constituyen en productos tóxicos, sólidos en suspensión, aceites, grasas y sedimentables. Industrias de corte, pulido, laminación y lavado de carbón y minerales son las principales.
5. Industrias con vertimientos de tipo refrigerantes: se concentran en vertimientos tóxicos y peligrosos como ácidos, arsénico, mercurio y se generan principalmente en las centrales térmicas y nucleares.

Para cada tipo de aguas residuales existen variedad de características fisicoquímicas a tener en cuenta; en cuanto a propiedades físicas se determinan por temperatura, color, olor, fracciones suspendidas y coloidales; para las variables químicas depende de sólidos orgánicos e inorgánicos y, por último, biológicas, que son la principal razón para llevar a cabo tratamiento de aguas ya que se eliminan los agentes patógenos como Coliformes, Salmonella, y *Eschericia Coli*.²³

El tratamiento, o depuración, de aguas residuales, consiste en la eliminación de los agentes contaminantes para la producción de agua limpia para una posible reutilización de esta o su disposición en el alcantarillado cumpliendo los parámetros ambientales.

El grado de tratamiento dependerá de los límites de vertido para el efluente. Existen tres procesos de tratamiento de aguas residuales:

- Tratamiento primario: es el primero paso necesario para llevarlo a tratamientos más avanzados y se caracteriza por la eliminación de sólidos en suspensión. La sedimentación, flotación, coagulación y homogenización son algunos de los procesos que se efectúan.

²² FIBRAS Y NORMAS DE COLOMBIA S.A.S. Aguas residuales: clasificación y características. Fibras & Normas de Colombia S.A.S. [en línea], [Consultado el 30 de marzo de 2019]. Disponible en internet: <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/aguas-residuales-clasificacion-y-caracteristicas/>

²³ *Ibíd.*, p. 1.

- Tratamiento secundario: corresponde a tratamientos biológicos convencionales a partir del uso de microorganismos para la eliminación de materia orgánica biodegradable. Se puede llevar a cabo por tratamientos aerobios que comprenden lodos activados, filtros, lagunas con aireación; tratamientos anaerobios mediante uso de bacterias en ausencia de oxígeno, tratamientos mixtos y facultativos.
- Tratamiento terciario o avanzado: es la eliminación de los contaminantes que no se removieron en el tratamiento secundario con el fin de obtener un efluente de mayor calidad. Se realiza a través de micro tamizado, filtración en lecho de arena, intercambio iónico, ósmosis inversa, precipitación y coagulación, entre otros.

1.3 MARCO LEGAL

Las disposiciones normativas legales nacionales aplicables para el proyecto son:

- Resolución 0631/2015. ART 14: establece los parámetros fisicoquímicos y sus valores máximos permisibles en los vertimientos de aguas residuales no domésticas basada en actividades de servicios.²⁴

Tabla 1. Resolución 0631 del 2015.

Parámetro	Unidades	Resolución 0631/3025
Temperatura	°C	-
Ph	Unidades de pH	6 – 9
DBO	mg/L	135
DQO	mg/L	270
Aceites y grasas	mg/L	30
Fenoles	mg/L	<0.2
Turbiedad	NTU	-
Sólidos sedimentables	ml/L	7.5
Sólidos suspendidos totales	mg/L	135.0

Fuente: elaboración propia basada en resolución 0631 del 2015 Ministerio de Ambiente.

- Decreto 3920 de 2010. ART 28: el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial fija los parámetros y valores máximos permisibles de vertimientos a cuerpos de aguas superficiales o al alcantarillado público de acuerdo con la actividad productiva²⁵

²⁴ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631 (17, marzo, 2015). Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C.: El ministerio, 2015. p. 16.

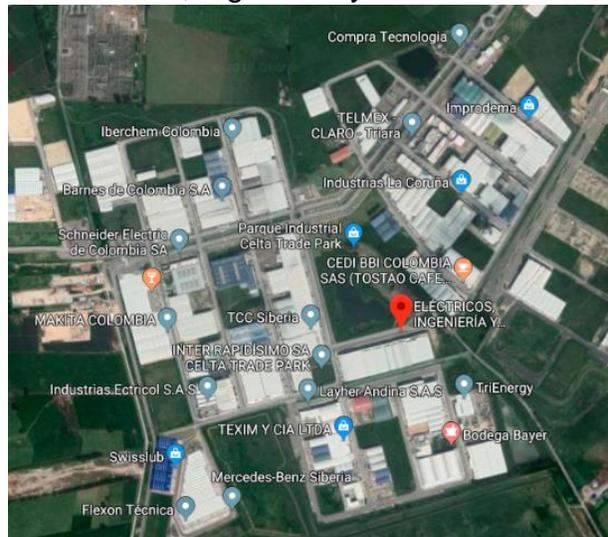
²⁵ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3930 de 2010: Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. [en línea], [consultado el 15

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.2.1 Eléctricos, Ingeniería y Servicios S.A.S. Eléctricos, Ingeniería y Servicio S.A.S. (EIS S.A.S.) es una empresa dedicada por más de 50 años en ofrecer servicios especializados en el sector eléctrico por medio de la reparación, el diagnóstico, mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de transformadores de distribución y potencia, generadores y motores eléctricos.

Se encuentra ubicada en la Autopista Bogotá – Medellín Km 7 Costado sur (Ver imagen 1), en el parque industrial Celta Trade Park bodega 58-1 Funza – Cundinamarca. La empresa actualmente cuenta con 37 trabajadores, la jornada de trabajo inicia desde las 6 am hasta las 4 pm, de lunes a viernes, y se trabaja aproximadamente 2 sábados al mes. Las instalaciones tienen un área de 3000 m² donde se llevan a cabo todos los procesos de reparación, mantenimiento y venta de maquinaria eléctrica, además cuenta con los respectivos equipos para satisfacer las necesidades y garantizar la confiabilidad del cliente.

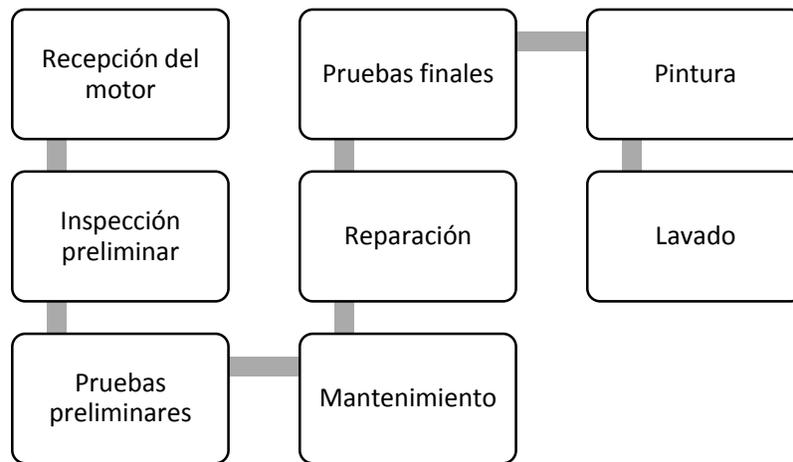
Imagen 1. Ubicación de la planta de producción a nivel satelital Eléctricos, Ingeniería y Servicios



Fuente: Google Earth.

1.2.2 Procesos de producción. La empresa Eléctricos, Ingeniería y Servicios S.A.S. tiene diferentes líneas de producción, sin embargo, sus principales funciones son los procesos de reparación y mantenimiento según el servicio que requieran los motores, transformadores y todos los equipos que manejan. A continuación, se muestra el diagrama 1 que hace referencia a las etapas que son necesarias para garantizar que el servicio prestado sea eficiente y en la imagen 2 se puede ver el área donde se realiza el proceso.

Diagrama 1. Etapas para el proceso de producción general de Eléctricos, Ingeniería y Servicios S.A.S



Fuente: elaboración propia

Imagen 2. Área proceso de producción.



Fuente: ELÉCTRICOS, INGENIERÍA Y SERVICIOS S.A.S. [En línea], [consultado el 15 de abril de 2019] Disponible en internet: <https://eissas.com.co/>

La recepción del motor inicia con el descargue del equipo y se realiza un registro fotográfico para evidenciar el estado en el cual llegan los equipos además de registrar datos de las características de estos, este registro de las características se realiza por medio de un formato que permite elaborar el recibo de entrada del equipo y establecer la fecha de entrega; seguido a esto se hace un desarme que se caracteriza por realizar una inspección visual la cual también se basa en un registro fotográfico y se determina si hay piezas faltantes o un su defecto rotas; se marcan todos los accesorios con el fin de armar el equipo de forma original, luego se hace la extracción del “hub” por medio de una bomba que aplica presión y permite hacer la desconexión de cables, retenedores, rodamientos y todos los accesorios que compongan al equipo; después viene una inspección preliminar que se basa en una inspección visual de bobinas, ventiladores, entre otros para determinar el grado de deterioro, se registran los datos en un formato establecido por la empresa, luego se hacen unas pruebas preliminares conocidas como pruebas de bobinas y prueba “Surge” iniciales al estator; esta última se caracteriza por medir el voltaje.

Se procede a realizar una inspección mecánica una vez diagnosticada las bobinas; finalizada la revisión mecánica se procede a revisar la parte eléctrica; por consiguiente, ya realizadas las revisiones se procede a hacer las respectivas reparaciones y mantenimientos según lo diagnosticado en las revisiones anteriores.

Se realizan las pruebas finales para verificar el correcto funcionamiento de los motores y transformadores. Finalmente, teniendo los equipos armados y funcionando de manera correcta, se desarrolla el proceso de pintura y de lavado.

1.2.3 Actividad económica. La actividad económica de eléctricos Ingeniería y Servicios S.A.S se rige bajo la resolución 631 de 2015 la cual establece que hace parte de:

- Sector de actividades industriales, comerciales o de servicios que generen aguas residuales domésticas.

2. DIAGNÓSTICO Y CARACTERIZACIÓN DE AGUAS EN LA EMPRESA

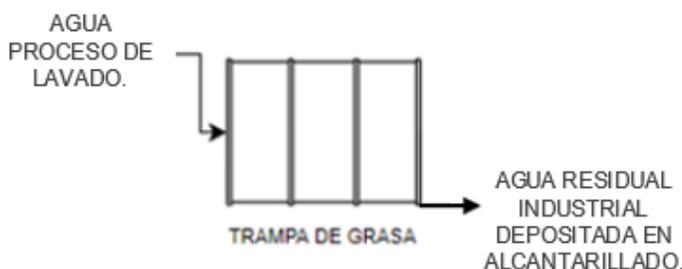
En este apartado se lleva a cabo el análisis del efluente a partir de datos suministrados por la compañía y se realiza una caracterización para determinar los parámetros fuera de los rangos establecidos.

2.1 SITUACIÓN ACTUAL DEL VERTIMIENTO

La empresa EIS S.A.S cuenta con un tanque de almacenamiento donde se disponen las aguas lluvias utilizadas como suministro para la hidrolavadora. Este proceso se lleva a cabo en la misma área donde se encuentra la trampa de grasas que es el actual pretratamiento (Ver diagrama 2) instalado en la compañía. Por ende, durante el enjuagado de motores, transformadores y piezas de equipos el agua va directamente a la caja. Es importante tener en cuenta que en este proceso se remueven grasas, aceites, y lubricantes que fueron usados para realizar pruebas con los equipos. También fue posible evidenciar que el caudal utilizado y producido durante este proceso no es constante ya que depende de la producción.

La trampa de grasas está construida en cemento y cuenta con 3 compartimientos, o cámaras, donde en cada una de estas se da la separación de grasas y aceites por acción de la diferencia de densidades entre los medios que están en contacto; sin embargo, al presentar diferencias en los caudales que se disponen en ésta y el tiempo de retención con la cual fue diseñada, se concluyó que su función no se está desempeñando de manera eficiente debido a los altos valores en los parámetros.

Diagrama 2. Tratamiento actual de la empresa (P&ID)



Fuente: elaboración propia

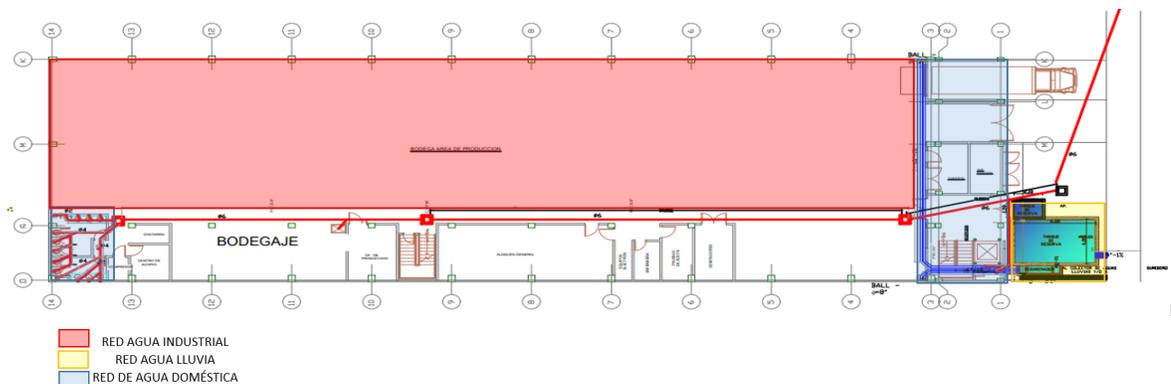
2.2 BALANCE HÍDRICO

El balance hídrico tiene como objetivo determinar la cantidad de agua consumida tanto en el proceso de lavado de motores, transformadores y piezas de equipos como en el uso doméstico de este recurso con el fin de determinar la cantidad de vertimientos generados.

Para los respectivos cálculos del balance hídrico de este proyecto, se tomó como referencia la tesis titulada “Desarrollo de una propuesta de mejora para la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa de lácteos inversiones FASULAC LTDA” desarrollada por los autores Miguel Leiton y Paula Andrea Sedano en el año 2017.²⁶

A continuación, se muestra la distribución de la red sanitaria en la empresa Eléctricos, Ingeniería y Servicios S.A.S (Imagen 3) la cual cuenta con una red de tuberías independientes según la red doméstica, industrial y aguas lluvias. Los efluentes generados de la red doméstica e industrial son finalmente depositados en el alcantarillado.

Imagen 3. Distribución de la red sanitaria Eléctricos, Ingeniería y Servicios S.A.S.

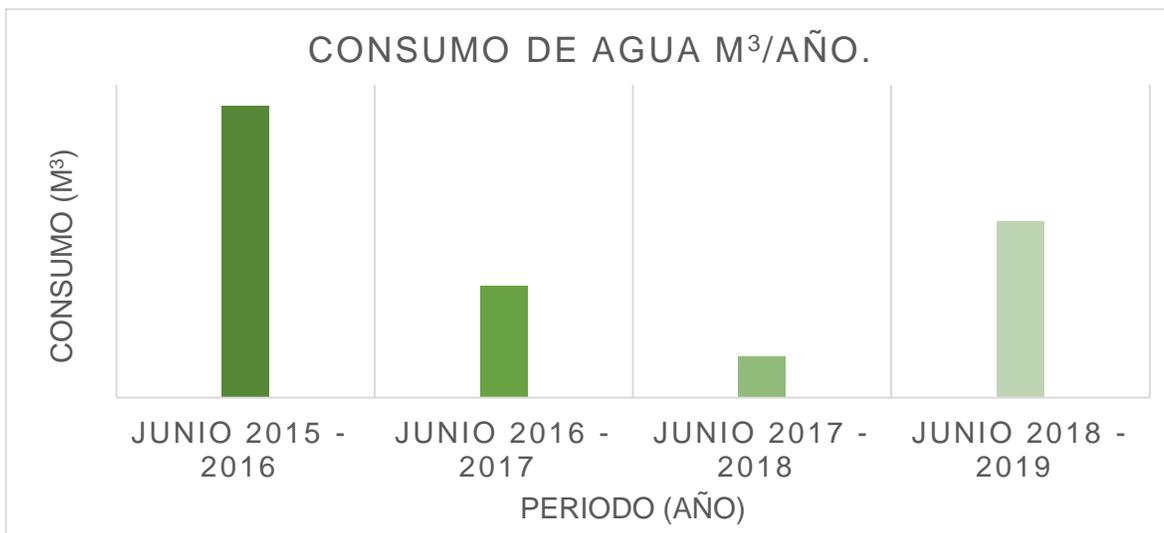


Fuente: elaboración propia con base en documentación de ELÉCTRICOS, INGENIERÍA Y SERVICIOS S.A.S

A partir del gráfico 1 se analiza que con el paso del tiempo la empresa ha disminuido significativamente el consumo de agua potable puesto que en el periodo de junio 2015-2016 la empresa compartía servicios con otras compañías de diferentes actividades económicas, en el 2016-2017 finaliza esta asociación lo que favoreció a disminuir el consumo de agua. Durante el 2017-2018 se implementa un tanque de almacenamiento de agua lluvia como se mencionó anteriormente es usado como suministro de la hidrolavadora que es el equipo con el que se realiza el proceso de lavado. En el último periodo 2018-2019 se evidencia un aumento, ya que la bomba que permitía el paso del tanque de aguas lluvias a la hidrolavadora sufrió un daño, lo que causó un mayor consumo de agua potable.

²⁶ LEITON SALAMANCA, Miguel Angel y SEDANO CABRERA, Paula Andrea. Desarrollo de una propuesta de mejora para la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa de lácteas inversiones fasulac Ltda. Bogotá. Fundación Universidad de América. 2017. P. 123

Gráfica 1. Consumo de agua en los últimos 5 años en Eléctricos, Ingeniería y Servicios S.A.S



Fuente: elaboración propia

- Consumo de agua potable (Q_{IN}) : para el respectivo cálculo del caudal se tomó como referencia los recibos del consumo de agua suministrados por la empresa Aguas de la Sabana de Bogotá, en un periodo de Julio del 2018 a Julio del 2019. Los datos obtenidos se muestran en la tabla 1, los cuales fueron promediados; sin embargo, el dato del mes de marzo del 2019 no se tuvo en cuenta en el cálculo porque no es coherente con los demás datos. (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Consumo de agua potable de Julio 2018 - Julio 2019.

Mes	Consumo(m³)
jul-18	51
ago-18	9
sep-18	9
oct-18	9
nov-18	7
dic-18	10
ene-19	86
feb-19	58
mar-19	112
abr-19	39
may-19	8
jun-19	8
jul-19	7

Fuente: elaboración propia con base en documentación suministrada por ELÉCTRICOS, INGENIERÍA Y SERVICIOS S.A.S.

Finalmente, el caudal de consumo de agua potable es de 1,14015 m³/día
 $Q_{IN} = 1,14015 \frac{m^3}{día}$.

- Agua residual industrial ($Q_{A.R.I}$): es proveniente únicamente del proceso de lavado, pero existen diferentes picos de caudal ya que el proceso no es constante y depende de la oferta y demanda de la empresa. Para realizar el cálculo del caudal se tuvieron en cuenta dos parámetros, el primero el tiempo de lavado de motores, transformadores y piezas por día, y segundo el caudal promedio de la hidrolavadora. La ecuación que se empleó se muestra a continuación, siendo F_t el tiempo de lavado y Q_p el caudal promedio.

Ecuación 1. Caudal agua residual industrial.

$$Q_{A.R.I.} = Q_P * F_t$$

$$Q_{A.R.I.} = 0,75 \frac{m^3}{día}$$

- Aguas residuales domésticas ($Q_{A.R.D}$): estas aguas son provenientes de diferentes actividades tales como uso de cocinas, lavamanos e inodoros. Para desarrollar el cálculo del caudal se tiene en cuenta tanto el personal permanente como el flotante, los datos de estos fueron otorgados por la empresa donde se registran 37 empleados y 2 visitantes a las instalaciones por mes. Por otro lado, se tiene en cuenta la frecuencia y los caudales de lavamanos e inodoros²⁷. La ecuación empleada se muestra a continuación siendo Q_{P-P} el caudal del personal permanente y Q_{F-F} el caudal del personal flotante.

Ecuación 2. Caudal aguas residuales domésticas.

$$Q_{P-P} = N_{P-P} * C_{P-P}$$

$$Q_{A.R.D.} = 5,8444 * 10^{-1} \frac{m^3}{día}$$

- Agua de aseo (Q_{AS}): la empresa realiza el servicio de aseo una vez por semana y el caudal fue calculado teniendo en cuenta el tiempo que se demora en realizar el servicio de aseo y los litros de agua que se consumen.

²⁷ KUNITSUKA, Ikuko. ¿Cuánta agua consumes realmente por día? BID Mejorando vidas [en línea], [Consultado el 12 de agosto de 2015] Disponible en internet: <https://blogs.iadb.org/agua/es/cuanta-agua-consumes-realmente-por-dia/>

$$Q_{AS} = 0,0306 \frac{m^3}{día}$$

- Agua lluvias (Q_{LLU}): la empresa cuenta con un tanque de almacenamiento donde hacen la recolección de aguas lluvias para emplearla en el proceso de lavado y en el uso de inodoros. Para desarrollar el cálculo de este caudal se basó en el balance hídrico.

Ecuación 3. Balance hídrico de la empresa Eléctricos, Ingeniería y Servicios S.A.S.

$$\sum \text{Agua de entrada} = \sum \text{Agua de salida}$$

$$Q_{IN} + Q_{LLU} = Q_{A.R.D.} + Q_{A.R.I} + Q_{AS}$$

Tabla 3. Caudales del balance hídrico.

Caudal	m ³ /día
Q_{IN}	1,141
Q_{LLU}	0,1939
$Q_{A.R.I}$	0,75
$Q_{A.R.D}$	5,844,E-01
Q_{AS}	8,6842E-04

Fuente: elaboración propia.

2.3 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

La caracterización fue realizada por el laboratorio Hidrolab Colombia LTDA mediante el Procedimiento Toma de Muestras de Agua P-TEC-008.

2.3.1 Toma de muestras. Se llevó a cabo un tipo de muestreo compuesto durante 8 horas situado en el vertimiento final en una jornada de 8:00 am a 4:00 pm. con toma de alícuotas cada hora para un total de 9 alícuotas las cuales al final del muestreo se homogenizan, con el fin de determinar características fisicoquímicas y establecer los valores de los parámetros DBO, DQO, grasas y aceites y fenoles y las variables in situ como pH, temperatura y caudal, el pH y la temperatura se midieron por medio de equipos tales como pH-metro y un termómetro respectivamente, para la medición del caudal se emplea el método del flotador o también conocido como el método de sección transversal. Las muestras fueron depositadas en recipientes y preservadas de acuerdo a lo establecido por el Standard Methods 23th.

2.3.2 Importancia de la temperatura y pH. La temperatura del agua residual

juega un papel importante en las industrias ya que el valor de esta tiene influencia sobre las reacciones químicas y las velocidades de reacción afectando el proceso biológico de depuración²⁸ que se realiza por medio de sistemas de tratamiento, por otro lado, los tratamientos con operaciones biológicas para aguas residuales con valores de pH inadecuados afectan la calidad de este²⁹, además pueden cambiar el pH de las aguas naturales, por tal motivo es importante tener en cuenta estos parámetros en los tratamientos de aguas.

2.3.3 Resultados y análisis. Los análisis para evaluar los parámetros se realizan basándose en el Standard Methods 23th. El método para medir la DBO es la SM5210B, que se basa en la incubación durante 5 días, la DQO y grasas y aceites es la SM5220D se basa en la extracción soxhlet y los fenoles SM5530B, consiste en un espectrofotómetro directo.

En la tabla 4 se observan los resultados obtenidos en la caracterización y los valores permisibles para cada parámetro según la resolución 0631/2015.

Tabla 4. Caracterización agua cruda.

Parámetro	Unidades	Resultados	Resolución 0631/3025
Temperatura	°C	16,7	-
pH	Unidades de pH	5,3	6 – 9
DBO	mg/L	1164,0	135
DQO	mg/L	1754,0	270
Aceites y grasas	mg/L	69,0	30
Fenoles	mg/L	0,239	<0.2
Turbiedad	NTU	239,0	-

Fuente: elaboración propia

A partir de la caracterización realizada por Hidrolab (Ver anexo 1) se realiza la respectiva comparación con la resolución 0631 del 2015 con cada uno de los parámetros y así de esta manera se establecieron los parámetros críticos en el vertimiento de agua hacia el alcantarillado que incumplen con la norma ya que exceden los límites máximos permisibles los cuales son: pH, DBO, DQO, grasas y

²⁸ CIDTA. Características de las aguas residuales. PDF, [en línea], [consultado el 20 de noviembre de 2019], p. 62. Disponible en internet: <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/Caracteristicas.PDF>

²⁹ 2 Ibid., p. 42.

aceites y fenoles, por lo tanto, el tratamiento a desarrollar debe tener como objetivo la disminución de estos parámetros para el cumplimiento de la resolución 631 de 2015.

3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS PARA UN TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

En este objetivo se evalúan qué procesos, etapas, agentes químicos y equipos son necesarios en la construcción del sistema de tratamiento de agua industrial de la empresa EIS SAS. Se procederá a evaluar tratamientos físicos y químicos expuestos en 3 alternativas que se llevarán a cabo de manera teórica y experimental, donde finalmente se escogerá la propuesta apropiada para el tratamiento considerándose ciertos criterios de evaluación.

3.1 PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS DE UN TRATAMIENTO DE AGUAS

Escoger alternativas que brinden solución al problema actual en la empresa EIS SAS.

- **DAF (Dissolved Air Flotation)³⁰**: tiene como objetivo la aglomeración de partículas generadas por cambios de densidad, a partir de la adhesión de estas a micro burbujas de aire las cuales permiten su transporte a la superficie del agua. Aparte de eliminar los sólidos suspendidos cumple con la función de reducir la DBO y DQO. Este proceso cuenta con un porcentaje de remoción de grasas y aceites de 70 a 90%³¹.
- **Neutralización³²**: se basa en el ajuste de pH del agua a tratar por medio de la adición de un ácido o una base dependiendo de los requerimientos en el proceso a realizar y al cumplimiento de la normatividad en la disposición final del vertimiento.
- **Tanque clarificador (Coagulación-floculación)³³**: tiene como objetivo la desestabilización de partículas en suspensión facilitando su aglomeración a partir de la incorporación de aditivos químicos. Se encarga de disminuir, o eliminar, la turbiedad que es un parámetro directamente relacionado a la calidad de agua. Este proceso favorece la disminución de parámetros como DBO, DQO y su efectividad es evaluada a nivel laboratorio por medio de test de jarras permitiendo conocer las dosis óptimas para el tratamiento con el fin de lograr remoción de hasta el 80%.

³⁰ FLUENCE CORPORATION LIMITED. Flotación de aire disuelto. Fluence. [en línea], [Consultado el 20 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: <https://www.fluencecorp.com/es/flotacion-aire-disuelto/>

³¹ ISA INGENIERÍA Y SERVICIOS AMBIENTALES

³² UNIVERSIDAD DE CORUÑA, Fichas técnicas de etapas de proceso de planta de tratamiento de aguas residuales de la industria textil, 2014. p 10

³³CÁRDENAS ANDÍA, Yolanda. Tratamiento de agua coagulación y floculación. PDF, [en línea], abril de 2000, [consultado el 7 de febrero de 2019], p. 44. Disponible en internet: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154

- **Filtración**³⁴: consiste en la remoción de partículas suspendidas presentes en el efluente a través de un medio poroso que tiene la capacidad de adsorber gran variedad de compuestos contaminantes. Es la etapa final de la clarificación debido a la acción del coagulante, permitiendo la desestabilización de partículas generando una eficiencia de remoción de hasta el 95%.
- **Ósmosis inversa**³⁵: es una técnica basada en membranas que actúan como barrera con el fin de separar sólidos disueltos que se encuentren en el medio, consiste en poner en contacto dos fluidos a diferentes concentraciones de sólidos que se mezclarán hasta encontrar el equilibrio. Se conoce como el método de filtración más fino y sus resultados son el agua pura y esterilizada. Se debe tener en cuenta el tipo de membrana a utilizar ya que son las claves para este proceso. Se puede lograr un porcentaje de remoción entre el 85% y 95%.
- **Precloración**³⁶: su funcionamiento consiste en acondicionar el agua a tratar con el fin de que los procesos posteriores sean más eficientes; además, ayuda al proceso de coagulación eliminando sustancias inorgánicas y microorganismos. Si se presenta un exceso de cloro se debe usar dióxido de azufre para controlar el exceso.

A partir del estudio bibliográfico se plantearon las siguientes 3 alternativas, éstas inician con un tanque de almacenamiento con el fin de homogenizar el caudal de entrada con el de salida y de esta manera lograr el mismo caudal hacia las diferentes operaciones y procesos unitarios que se establecieron, seguidas de una trampa de grasas la cual dispone la empresa actualmente donde su principal función es lograr la remoción de las grasas y aceites por efecto de la gravedad.

Primera alternativa: se requiere hacer en primera instancia una neutralización para ajustar el pH según el tipo de coagulante que se utilice, ya que éste es un factor importante en el proceso de coagulación y floculación porque si no se realiza dentro de los valores óptimos la dosis requerida será mayor³⁷. Después se realiza la coagulación y floculación en un tanque clarificador el cual permitirá la remoción de DBO, DQO, grasas y aceites; y sólidos suspendidos, luego pasa a una filtración la cual tiene como finalidad retirar las partículas coloidales³⁸ para finalmente ingresar

³⁴ MALDONADO YACTAYO, Víctor. Filtración [en línea] [Consultado: 15 de marzo de 2017]. Disponible en internet: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/nueve.pdf>

³⁵ DSS S.A. Ósmosis inversa. Diseño y soluciones sostenibles DSS S.A [en línea], [Consultado el 25 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: http://dss.com.ec/wp-content/uploads/2012/07/osmosis_inversa.pdf

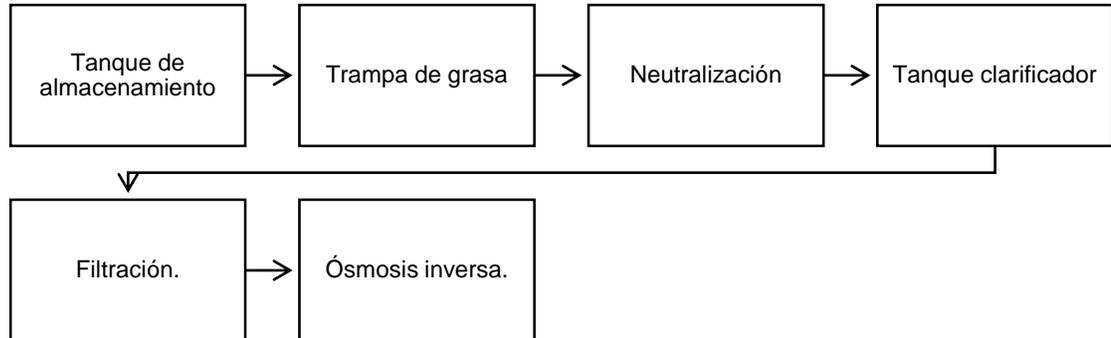
³⁶AULA VIRTUAL. Capítulo 3 pre cloración. Aula virtual [en línea], [Consultado el 25 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/etap/unidades/curso/uni_04/u4c3s1.htm

³⁷ CÁRDENAS, Op. cit., p. 3.

³⁸PURIFICADORES Y FILTROS DE AGUA ECUADOR: Cuál es el pre tratamiento adecuado para un sistema de osmosis inversa [en línea]. [Consultado: 25 de septiembre de 2019]. Disponible en:

al proceso de ósmosis inversa. (Ver diagrama 3).

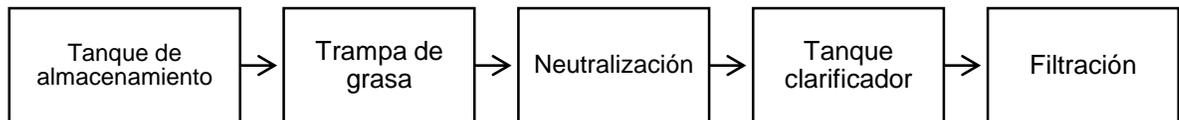
Diagrama 3. Primera alternativa.



Fuente: elaboración propia

Segunda alternativa: esta alternativa es similar a la primera alternativa sin incluir el proceso de ósmosis inversa. (Diagrama 4).

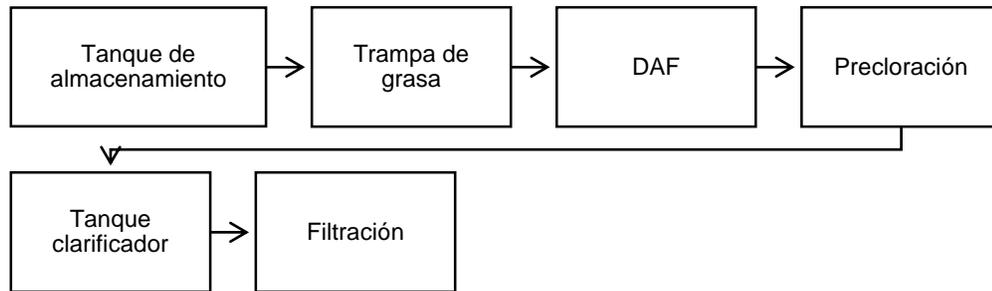
Diagrama 4. Segunda alternativa.



Fuente: elaboración propia

Tercera alternativa: se realizan dos pre tratamientos, una trampa de grasas y luego una inyección con aire disuelto (DAF) con la finalidad de lograr una remoción más alta de grasas y aceites. Además, se realiza previo al proceso de coagulación para evitar la rotura de los flóculos por la presión ejercida. La siguiente etapa es un proceso de pre-cloración para favorecer la coagulación; y, por último, una filtración. (Ver diagrama 5).

Diagrama 5. Tercera alternativa



Fuente: elaboración propia

3.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN

La matriz de selección permite evaluar la viabilidad y comparar las alternativas planteadas teniendo en cuenta los parámetros que afectan de manera directa a la empresa, tales como el área de la planta, porcentaje de remoción, mantenimiento de equipos y los costos de inversión.

El cuadro 1 representa la escala en la que se evalúan los parámetros según la necesidad de la empresa y de la calidad del tratamiento, siendo 3 la calificación con mayor viabilidad, y 1 la menos viable. Esta calificación se da teniendo en cuenta la información obtenida de diversas fuentes de tratamiento de aguas residuales.

Tabla 5. Calificación para realizar matriz de selección.

Viabilidad	Calificación
Mayor	3
Medio	2
Baja	1

Fuente: elaboración propia

3.3 MATRIZ DE SELECCIÓN

Área de la planta: este factor es importante ya que la empresa actualmente no cuenta con un área adicional en la cual pueda ser designada para llevar a cabo el tratamiento de aguas residuales. Para la alternativa 1 la cual se observa que para el proceso de ósmosis inversa la viabilidad en cuanto al área es baja ya que para desarrollar su implementación, los equipos tienen dimensiones de más de 3 metros de largo³⁹, por tal motivo su calificación es más baja que las otras alternativas.

³⁹ ALARCÓN RONDÓN, Eliana Iveth y NEITA PINTO, Laura Catalina. Propuesta para la reutilización del agua residual tratada en una empresa de cereales en la ciudad de Bogotá. Bogotá. Fundación Universidad de América. 2017. P. 133

Mantenimiento: el mantenimiento de los equipos es clave para aumentar la vida útil de estos mismos y garantizar la calidad del tratamiento, sin embargo, no es factible la instalación de un equipo que requiera un alto costo de mantenimiento. Para el tanque clarificador se debe realizar una constante limpieza por los sedimentos que se generan; en el tanque de cloración al presentar altas concentraciones de cloro debe realizarse un seguimiento ya que la presencia de este agente químico reduce la vida útil de los elementos filtrantes, lo que obliga a hacer periódicamente un mantenimiento de limpieza tanto al tanque de cloración como al filtro. En cuanto al proceso de flotación por aire disuelto los equipos que lo componen como válvulas y bombas pueden sufrir problemas de abrasión lo que implica un mantenimiento constante para evitar daños en el equipo⁴⁰. Por otro lado, el mantenimiento de la ósmosis inversa tiene un costo elevado ya que las membranas son los insumos más costosos⁴¹ y los más sensibles a las partículas coloidales generando un taponamiento en la misma⁴²; además, debe controlarse la temperatura de entrada del agua ya que al no estar en la temperatura óptima reduce la calidad del tratamiento en un 3%⁴³. Por lo tanto, las alternativas 1 y 3 tienen una baja viabilidad respecto al mantenimiento de los equipos.

Costos de inversión: el costo de inversión es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta, dado que son los activos que harán posible que se implemente el sistema de tratamiento de aguas residuales, por tal motivo es necesario buscar una alternativa que no requiera una inversión económicamente alta. Los costos para cualquier alternativa se basan en la adquisición de equipos y el acondicionamiento del espacio para poder llevar a cabo la implementación de estos mismos. Para el sistema de osmosis inversa a nivel industrial los equipos pueden costar alrededor de \$5000 - \$10000⁴⁴ USD, aunque depende del caudal y de la calidad del tratamiento, por otro lado, la flotación por aire disuelto requiere un costo de inversión medio⁴⁵, y los tanques de clarificación presente en todas las alternativas propuestas, tienen un costo más accesible, por tal motivo la alternativa 1 presenta el valor más bajo en la matriz de selección.

Porcentajes de remoción: la eficiencia de los tratamientos planteados es fundamental ya que garantizan la calidad del tratamiento y de esta manera cumplir con la resolución 0631/2015. El porcentaje de remoción de la ósmosis inversa para los fenoles es aproximadamente entre un 93 – 99 %, en cuanto a la DBO Y DQO se debe realizar una desinfección con un oxidante químico para lograr un 90% de remoción⁴⁶. Por otro lado, el proceso de flotación por aire disuelto presenta una

⁴⁰UNIVERSIDAD DA CORUÑA, Op. cit., p. 11

⁴¹PURIFICADORES Y FILTROS DE AGUA DE ECUADOR, Op. cit., p. 9

⁴² PURE AQUIA, INC.

⁴³ DSS S.A. Op. cit., p. 1

⁴⁴Ibid., p. 2

⁴⁵ P PASCUAL DEL RIQUELME, Mercedes Lloréns. Alternativas para el tratamiento de efluentes industriales [diapositivas]. Murcia, España. 16 de marzo. de 2016, 54 diapositivas. [Consultado: 26 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: https://www.um.es/documents/3456781/3691285/Depuracion_Llorens-1.pdf/2c454f3d-c5f8-422d-9e53-bc20e5f5b792

⁴⁶ BONSAI MENORCA. Ósmosis inversa. Bonsai menorca [en línea], [Consultado el 27 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/osmosis-inversa/>

mayor remoción de grasas y aceites aproximadamente del 90%, en cuanto al parámetro de DBO se da una disminución de éste hasta un 50% y para sólidos suspendidos entre un rango de 65 a 80%⁴⁷.

A partir de la matriz de selección (Ver tabla 6) se analiza que la alternativa 1 es la menos viable, ya que el proceso de osmosis inversa a pesar de caracterizarse por tener una alta remoción sus costos de inversión y mantenimiento son significativamente altos. Por otro lado, la alternativa 3 tiene un mayor puntaje de viabilidad que la alternativa 1, sin embargo, para la implementación de un sistema de flotación por aire disuelto (DAF) requiere un mantenimiento costoso. Finalmente, la alternativa que representa una mejor viabilidad es la 2, aunque en el parámetro de porcentaje de remoción tiene una calificación más baja que las otras alternativas, también es óptimo, además los costos son menores al disminuir los equipos para llevar a cabo su implementación.

Tabla 6. Matriz de selección.

Parámetro	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Área de la planta	1	2	2
Porcentaje de remoción	3	2	3
Mantenimiento	1	3	1
Costos de inversión	1	2	1
SUMA	6	9	7

Fuente: elaboración propia

⁴⁷ ISA INGENIERÍA Y SERVICIOS AMBIENTALES.

4. EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA

En este apartado se describirá la fase experimental llevada a cabo para la selección del reactivo a usar en el proceso de neutralización, de igual forma el coagulante y floculante que presente mejores resultados en la remoción de turbidez.

También se propondrá el diseño adecuado para el filtro que debe implementarse como proceso final para la alternativa seleccionada.

4.1 REACTIVOS SELECCIONADOS

Neutralizador: para llevar el pH del agua cruda de 5,3 a un rango de 6 a 9 ya que estos son los valores que establece la normatividad, se usó un neutralizador; pero también para mejorar la eficiencia de actividad del coagulante seleccionado.

Debido a que el experimento se desarrolló a nivel laboratorio, el Hidróxido de Sodio fue el reactivo seleccionado por su fácil preparación a partir de perlas de Sodio para lograr una solución a una concentración de 0,1 M. El Hidróxido de sodio posee un alto nivel de alcalinidad, fácil manejo, almacenamiento no riesgoso y también ayuda a la eliminación de metales pesados.

Coagulante: el coagulante es utilizado en el test de jarras para lograr la disminución o remoción de la turbidez a partir de la acumulación de los sólidos suspendidos en forma de flocs. Existen diferentes tipos de coagulantes que trabajan cada uno en diferentes condiciones de pH y dosificación, por lo tanto, es importante tener en cuenta que si no existe una dosificación óptima de coagulante habrá mayor turbidez, por ende, será muy baja la disminución de los valores de los parámetros a cumplir.

En la tabla 7 se encuentran los tres coagulantes utilizados en la fase experimental.

Tabla 7. Descripción de coagulantes.

Coagulante	Descripción
Sulfato de Aluminio	Coagulante más común en el tratamiento de aguas, cinética lenta y costos bajos.
Hidroxiclورو de Aluminio	Rápida formación de flóculos, tiempos cortos para reaccionar y sedimentar, alta velocidad de reacción y coagulación rápida.
Cloruro Férrico	Alta eficiencia en remoción de orgánicos y metales pesados, amplio rango de pH de 4,5 a 12, baja dosificación para alta remoción.

Fuente: elaboración propia.

Floculante: se encuentran de forma catiónica y aniónica, su función es facilitar la aglomeración de los sólidos suspendidos en tamaños considerables para lograr una sedimentación más rápida.

4.2 TEST DE JARRAS

El test de jarras fue el método seleccionado para la elección del coagulante con mayor eficiencia, se realizó a partir de la Norma Técnica Colombiana 3903 donde se describe el procedimiento para el ensayo de coagulación-floculación en test de jarras.⁴⁸ (Ver anexo 3).

4.2.1 Procedimiento. La fase experimental llevada a cabo a nivel laboratorio para el desarrollo de la propuesta de un sistema de tratamiento de aguas para la empresa EIS SAS, consistió en una serie de experimentos para determinar dos variables de importancia las cuales son la dosis óptima de coagulante y el pH, con el fin de lograr una variable de respuesta baja, en este caso la turbidez.

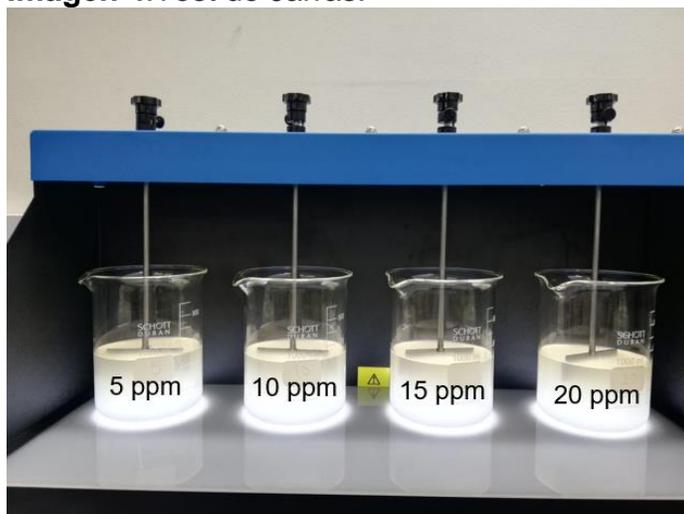
En total se realizaron 12 experimentos con la práctica de test de jarras donde cada test se realizó a condiciones de 120 rpm durante 1 minuto, seguido de 40 rpm durante 15 minutos y al finalizar se dejó sedimentar durante 30 minutos cada muestra. La neutralización se efectuó con Hidróxido de Sodio (NaOH) debido a que el pH del efluente arrojó un resultado de 5,3 encontrándose en un medio ácido y estando fuera de los rangos establecidos en la normatividad 0631/2015.

Los primeros 6 experimentos consistieron en conocer la dosificación óptima de cada coagulante sin modificación de pH. Las dosificaciones fueron seleccionadas a partir de la revisión bibliográfica, estas fueron 5 ppm, 10 ppm, 15 ppm, 20 ppm, es necesario tener en cuenta que la mitad de estos experimentos fueron réplicas para comprobar los resultados de turbidez arrojados en los primeros ensayos. Luego, se realizaron 6 experimentos donde se modificó el pH dentro de un rango de 7 a 10 a la mejor concentración obtenida anteriormente para cada coagulante, se debe tener en cuenta que 3 de estos últimos experimentos fueron réplicas para verificar los datos. Finalmente, se midió la turbidez (Ver anexo 4) y a partir de cada test se pudo seleccionar el coagulante a las condiciones óptimas que representan mayor eficiencia.

En la imagen 4 se evidencia que se realizaron cuatro jarras por cada coagulante (Hidroxiclورو de aluminio, sulfato de aluminio y cloruro férrico) con las dosificaciones mencionadas anteriormente (5, 10, 15, 20 ppm), de igual manera la modificación de pH se realizó por cada jarra luego de escoger la dosificación óptima.

⁴⁸ COLOMBIA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. NTC 3903 (21, abril, 2010). Procedimiento para el ensayo de Coagulación-floculación en un recipiente con agua o método de jarras [en línea],2010. Bogotá, Colombia. [Consultado el 20 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: <https://tienda.icontec.org/>

Imagen 4. Test de Jarras.



Fuente: elaboración propia

4.2.1.1 Resultados y análisis de resultados test de jarras. A continuación, se presentan los resultados arrojados en cada test de jarras, primero, para determinar la dosis óptima de coagulante que se relaciona con la disminución de la turbidez inicial con un valor 239,0 NTU.

Tabla 8. Resultados test de jarras sulfato de aluminio sin cambio de pH.

Sulfato de aluminio sin cambio pH		
Concentraciones (ppm)	Turbidez (NTU)	% remoción
5	232,6	2,68
10	232,9	2,55
15	244,9	-2,47
20	247,9	-3,72

Fuente: elaboración propia

Tabla 9. Resultados test de jarras hidroxiclورو de aluminio sin cambio pH.

Hidroxiclورو de aluminio sin cambio de pH		
Concentraciones (ppm)	Turbidez (NTU)	% remoción
5	231,5	3,14
10	229,3	4,06
15	223,7	6,40
20	209,3	12,43

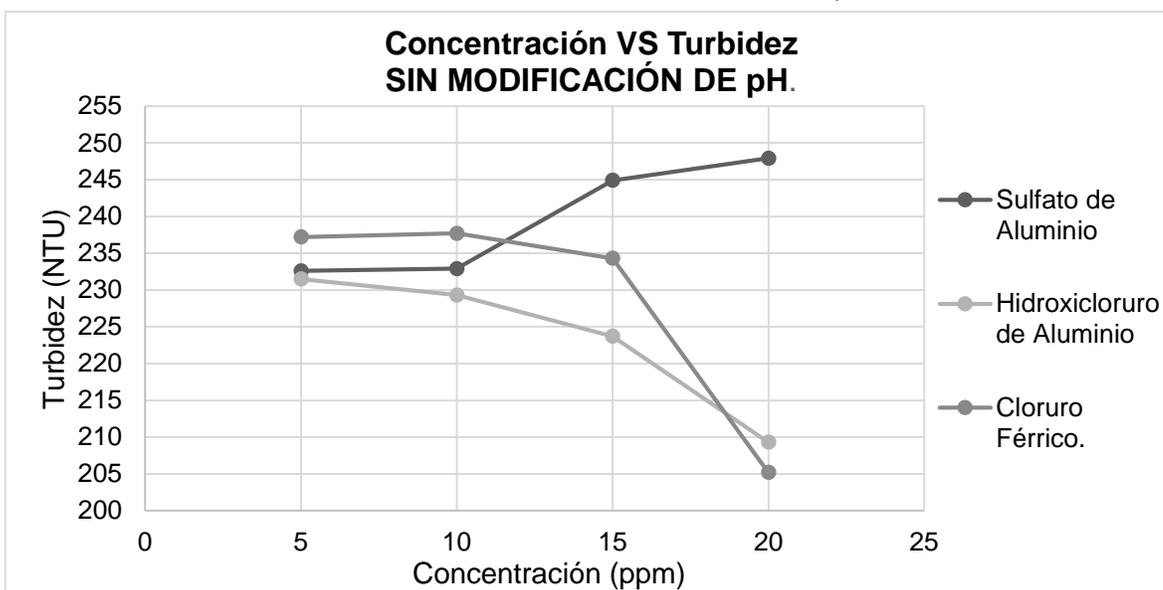
Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. Resultados test de jarras cloruro férrico sin cambio de pH.

Cloruro férrico sin cambio de pH		
Concentraciones (ppm)	Turbidez (NTU)	% remoción
5	237,2	0,75
10	237,7	0,54
15	234,3	1,97
20	205,2	14,14

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 2. Concentración Vs Turbidez sin modificación de pH.



Fuente: elaboración propia

Durante este proceso, ocurre una serie de reacciones tales como la adsorción inicial con la dosis adecuada del coagulante, para de esta manera lograr desestabilizar la partícula para dar lugar a la formación del floculo. En las siguientes reacciones se evidencia el efecto que tiene cada coagulante al interactuar en el medio, en este caso, el agua residual industrial.

Reacción Sulfato de Aluminio: cuando el sulfato de aluminio entra en contacto con el agua, ocurren tanto reacciones de hidrólisis como intermediarias, formando especies como Al^{3+} , $Al(OH)^{2+}$, las cuales permiten la formación de flóculos por medio de fuerzas adhesivas.



Reacción Hidroxicloruro de Aluminio: para este coagulante, la parte del aluminio se vuelve más polimerizada con una mayor carga catiónica y aumentando su

funcionalidad en sistemas acuosos. La hidrólisis se da por etapas formándose productos intermedios que son los encargados de aglomerar los flóculos.⁴⁹

- Dímeros $[Al_2(OH)_2(H_2O)_8]^{4+}$
- Complejos polihidroxilo $[Al_8(OH)_{20}]$, $[Al_8(OH)_{22}]^{2+}$, $[Al_8(OH)_{24}]$, $[Al_{13}O_4(OH)_{24}(H_2O)_{12}]^{7+}$, $[Al_{14}(OH)_{38}]^{8+}$, $[Al_{30}Cl_9(OH)_{81}(H_2O)_{38}]^{5+}$
- Compuestos complejos $[Al_8(OH)_{20}(H_2O)_{10}]Cl_4$

Reacción Cloruro Férrico: la reacción de coagulación es similar a la del sulfato de aluminio, la diferencia radica en que el sulfato genera dos moléculas de Al^{3+} mientras que el cloruro férrico solamente una mol de Fe^{3+} . En medio acuoso reacciona con el ion hidróxido para formar flóculos de $FeO(OH)^-$, el cual logra la eliminación de los materiales en suspensión.⁵⁰



Con base en la gráfica 2 se evidenció que las mejores concentraciones para trabajar son 5 ppm para el Sulfato de Aluminio y 20 ppm para Hidroxicloruro de Aluminio y Cloruro Férrico. No obstante, no hubo suficiente remoción de la turbidez, por lo cual fue necesario llegar a un pH alcalino para que la precipitación de los coagulantes fuese mayor. En las siguientes tablas y gráficas se evidencian los resultados de las pruebas de jarras.

Tabla 11. Resultados test de jarras sulfato de aluminio con cambio de pH.

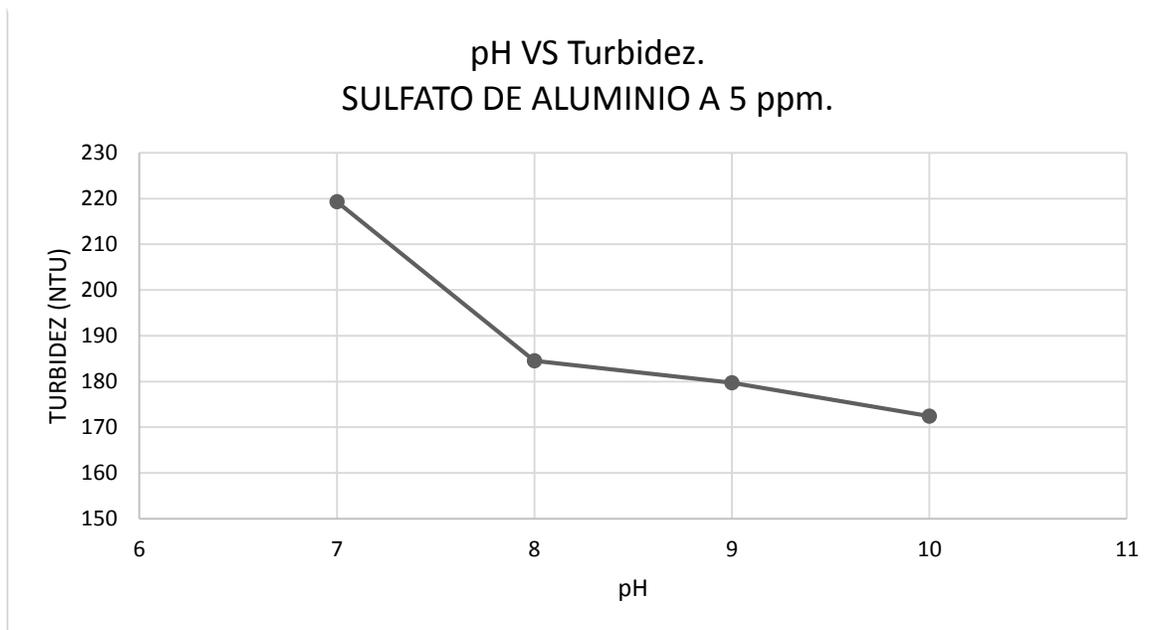
Sulfato de aluminio con cambio de pH			
pH	Concentración (ppm)	Turbidez (NTU)	% remoción
7	5	219,3	8,24
8	5	184,5	22,80
9	5	179,7	24,81
10	5	172,4	27,87

Fuente: elaboración propia

⁴⁹ CERÓN PÉREZ, Vicky Alexandra. Estudio para la determinación y dosificación óptima de coagulantes en el proceso de clarificación de aguas crudas. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño. 2016. P. 83

⁵⁰ WIKIPEDIA. Cloruro de Hierro. Wikipedia la enciclopedia libre. [en línea], [Consultado el 11 de febrero de 2020]. Disponible en internet: [https://es.wikipedia.org/wiki/Cloruro_de_hierro_\(III\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Cloruro_de_hierro_(III)).

Gráfica 3. pH Vs Turbidez con modificación de pH a concentración de 5ppm.



Fuente: elaboración propia

Tabla 12. Resultados test de jarras hidroxiclورو de aluminio cambio pH.

Hidroxiclورو de aluminio con cambio de pH			
pH	Concentración (ppm)	Turbidez (NTU)	% remoción
7	20	171	28,45
8	20	143,5	39,96
9	20	156,9	34,35
10	20	141,6	40,75

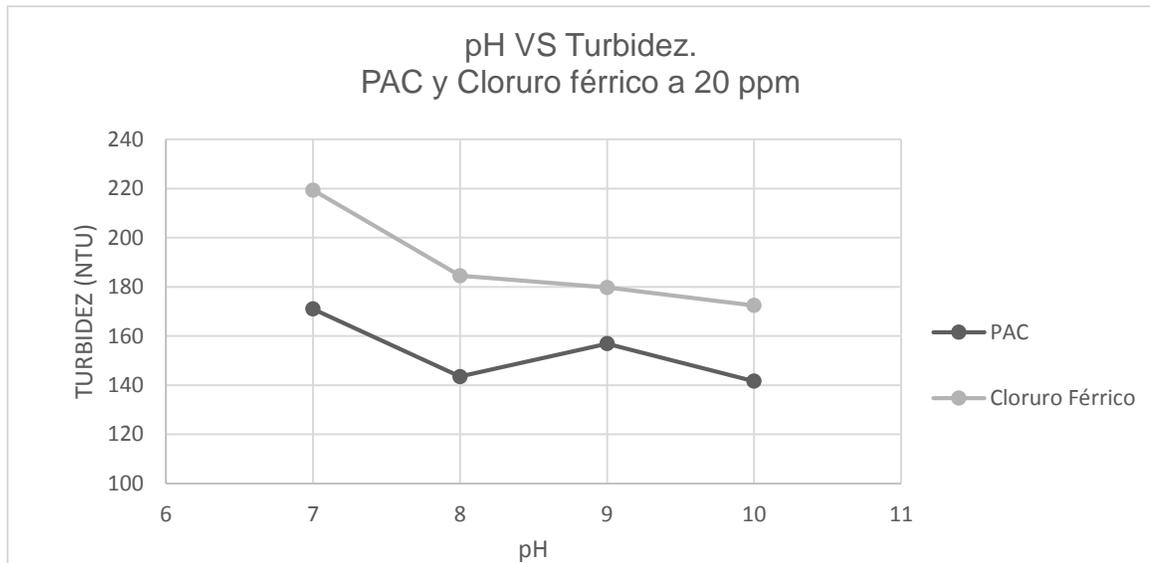
Fuente: elaboración propia

Tabla 13. Resultados test de jarras clورو férrico con cambio de pH.

Clورو férrico con cambio de pH			
pH	Concentración (ppm)	Turbidez (NTU)	% remoción
7	20	180,1	24,64
8	20	154,6	35,31
9	20	174,1	27,15
10	20	207,4	13,22

Fuente: elaboración propia

Gráfica 4. pH Vs Turbidez con modificación de pH a concentración de 20ppm



Fuente: elaboración propia.

A partir de los datos obtenidos anteriormente, se evidencia que el coagulante que presenta mayor efectividad es el PAC o Hidroxicloruro de Aluminio con una dosificación óptima de 20 ppm. El PAC presentó una turbidez inicial de 239,0 NTU y una turbidez final de 143,5 NTU; por lo tanto, se estableció que el mejor rango de pH para una acción óptima del coagulante escogido es entre 7 y 8.

Según el trabajo de grado publicado por la Universidad de Nariño, titulado "Estudio para la determinación y dosificación óptima de coagulantes en el proceso de clarificación de aguas crudas en la potabilización de aguas de la empresa Empoobando ESP" por Vicky A. Cerón en el año 2016, se verifica que al manejarse diferentes dosificaciones de hidroxicloruro de aluminio (10, 20, 30, 40 y 50 ppm) en un tipo de agua residual con diferentes características, la dosis que presenta mayor eficiencia en cuanto a la remoción de la turbidez es de 20 ppm.⁵¹

De igual forma, en el artículo "Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso del hidroxicloruro de aluminio" publicado por la Universidad Nacional de Colombia por Juan M. Cogollo F. en el año de 2010, se evidencia que para obtener un óptimo funcionamiento del hidroxicloruro de aluminio, el pH del medio debe estar en un rango de 5,0 a 9,0 y que al dosificar una mínima cantidad de coagulante los flóculos serán escasos, por otro lado, al exceder la dosis se

⁵¹ CERÓN, Op. cit., p. 84.

generarán gran cantidad de flóculos con tamaños pequeños, presentando como resultado en ambos casos un valor elevado de turbiedad.⁵²

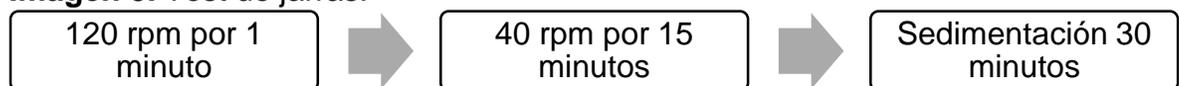
Tabla 14. Porcentaje de remoción del mejor coagulante (Hidroxiclورو de Aluminio)

Turbidez inicial (NTU)	Turbidez final (NTU)	% remoción
239,0	143,5	39,958159%

Fuente: elaboración propia

En la imagen 5 se evidencia la formación y sedimentación de los flóculos en el test de jarras con el coagulante y pH seleccionado, a las condiciones de pH mencionadas anteriormente, y especificando velocidad de agitación y tiempos usados en el test.

Imagen 5. Test de jarras.



Fuente: elaboración propia

4.3 FILTRACIÓN

Se desarrolló este proceso de manera experimental para escoger los medios granulares filtrantes que presentan mayor retención de sólidos suspendidos luego de realizar la clarificación del agua cruda, donde a partir de la teoría se tuvieron en cuenta diferentes tipos de medios filtrantes.

⁵² COGOLLO FLÓREZ, Juan Miguel. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso del hidroxiclورو de aluminio. [en línea]. Revista UN, vol. 78, núm. 165, 2011, p 20. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Colombia. [consultado 09 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25636>

A continuación, se realiza una breve descripción de los materiales escogidos. (Ver tabla 15).

Tabla 15. Descripción de materiales granulares.

Material	Descripción
Arena Sílice	Son partículas insolubles en agua, este tipo de material se caracteriza por su dureza y resistencia química, es utilizado como lecho filtrante para tratamiento de aguas reteniendo partículas de tamaños muy pequeños. ⁵³ Tiene un largo periodo de vida siendo resistente a la presión y turbulencia. ⁵⁴
Carbón Antracita	Es un carbón mineral utilizado como medio de filtración para la clarificación del agua, presenta gran dureza y se caracteriza por permitir un desempeño en el filtro de mayor flujo, menos caída de presión y un mejor y rápido retro lavado. ⁵⁵
Carbón Activado	Retiene diferentes tipos de agentes contaminantes atrapándolos en la superficie incluyendo grasas y aceites, remueve color y olor del agua actuando como purificador. ⁵⁶ Es hidrofóbico y se caracteriza por ser un material poroso eficiente en el fenómeno de adsorción.

Fuente: elaboración propia

4.3.1 Procedimiento diseño de filtro, resultados y análisis de resultados. Se diseñaron 5 alternativas de filtros, las primeras 3 se basaron en la evaluación de cada medio filtrante por separado, los datos se evidencian en la tabla 16.

Tabla 16. Porcentaje de remoción de cada material granular.

MEDIO FILTRANTE	TURBIEDAD INICIAL (NTU)	TURBIEDAD FINAL (NTU)	% REMOCIÓN
Arena Sílice	143,5	148,1	-3,21
Carbón Activado	143,5	153,1	-6,69
Carbón Antracita	143,5	137,1	4,46

Fuente: elaboración propia

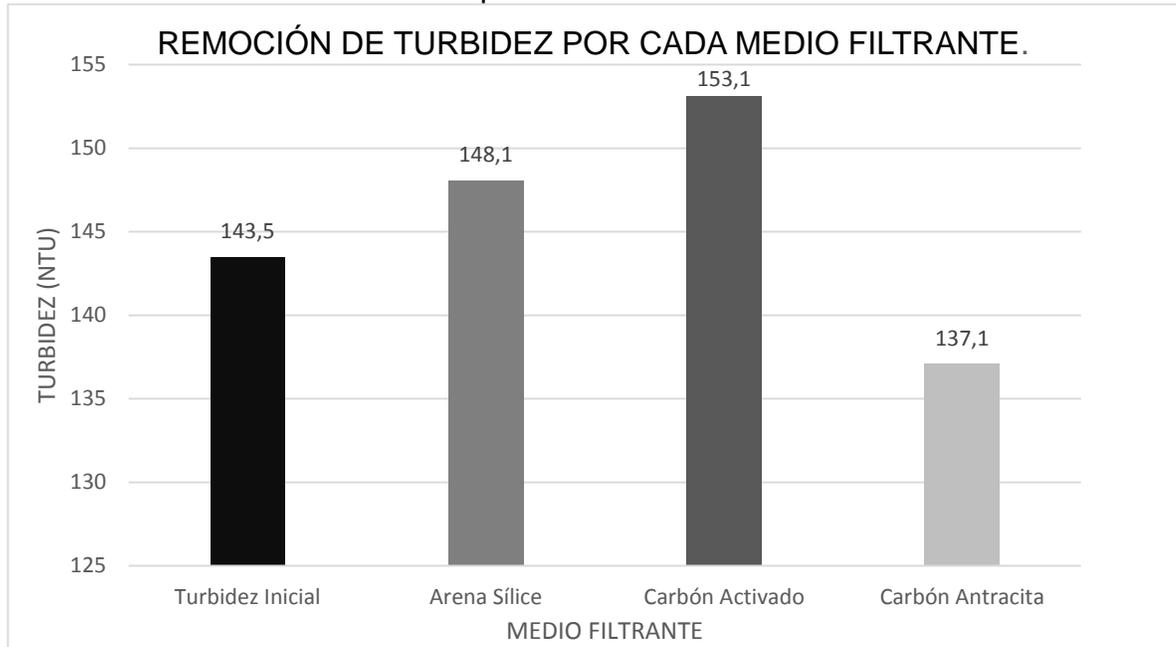
⁵³CARBOTECNIA. Arena sílica. Carbotecnia [en línea], [Consultado el 27 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: <https://www.carbotecnia.info/producto/medio-arena-silica-para-filtros-de-agua/>

⁵⁴ FILTRAH20. Arena sílice. Filtrah20 Ltda. [en línea], [Consultado el 27 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: <http://www.filtrah20ltda.com/arena-silice/>

⁵⁵CARBOTECNIA. ¿Qué es el Carbón activado? Carbotecnia [en línea], [Consultado el 27 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-el-carbon-activado/>

⁵⁶CARBOTECNIA. Antracita – medio filtrante para lecho profundo. Carbotecnia [en línea], [Consultado el 27 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/aguas-residuales-clasificacion-y-caracteristicas/>

Gráfica 5. Remoción de turbidez por cada medio filtrante.



Fuente: elaboración propia

Se evidencia, según los datos obtenidos anteriormente, que los filtros individuales no logran una mayor remoción en la turbidez, por lo que se diseñaron dos alternativas que incluyeran los diferentes medios filtrantes y variando su orden, con base en la teoría en donde se especifica que el carbón antracita quedará por encima de medios más pesados como la arena⁵⁷. La primera alternativa planteada es carbón antracita, arena sílice y carbón activado; la segunda está compuesta por carbón activado, carbón antracita y arena sílice, ubicadas respectivamente. A continuación, en la Tabla 17 y en la Gráfica 6 se muestran los resultados de la evaluación de dichas alternativas.

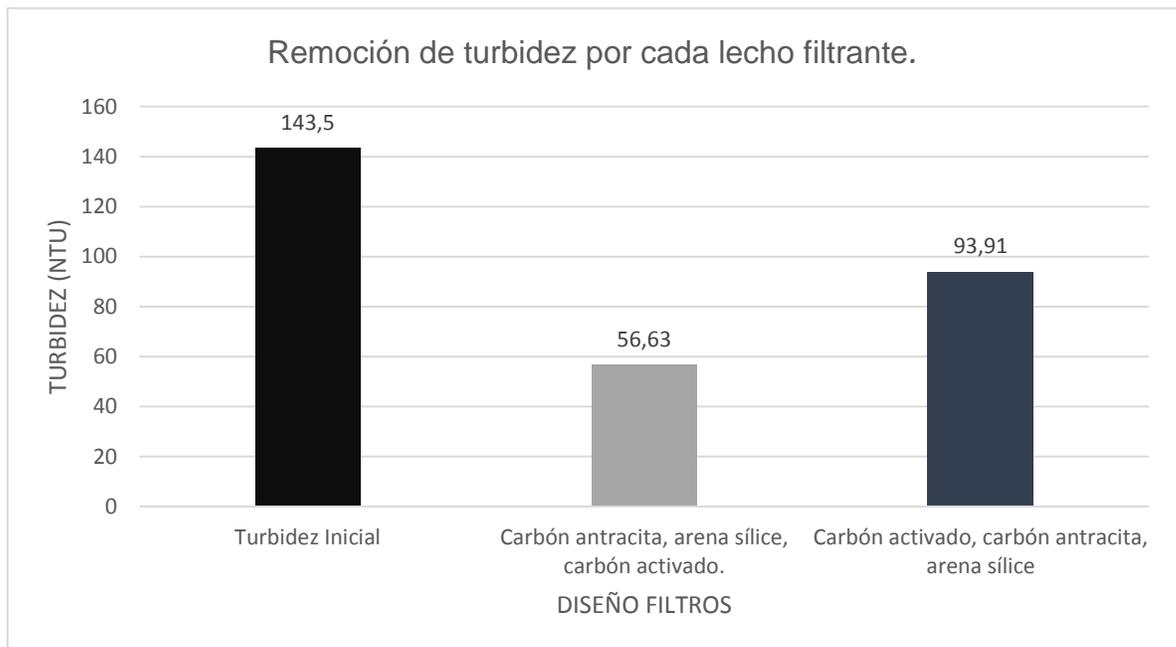
Tabla 17. Resultados porcentaje de remoción de cada alternativa.

MEDIO FILTRANTE	TURBIEDAD INICIAL (NTU)	TURBIEDAD FINAL (NTU)	% REMOCIÓN
Carbón antracita, arena sílice, carbón activado.	143,5	56,63	60,54
Carbón activado, carbón antracita, arena sílice	143,5	93,91	34,56

Fuente: elaboración propia

⁵⁷ CARBOTECNIA, Op. cit., p. 1

Gráfica 6. Remoción de turbidez por cada lecho filtrante.



Fuente: elaboración propia.

Finalmente, se obtuvo que el filtro que presenta mayor remoción es la alternativa 1 (Ver gráfica 6) el cual está compuesto por carbón antracita en la parte superior, arena sílice en el medio y carbón activado en la parte inferior, ya que se obtuvo una remoción del 60,54% en la turbiedad, reteniendo en más de un 50% los sólidos suspendidos.

En la imagen 6 se muestra el filtro con el que se desarrolló la prueba final para concluir el tratamiento y realizar el respectivo análisis de los parámetros.

Imagen 6. Filtro seleccionado (alternativa 1).



Fuente: elaboración propia.

4.4 CARACTERIZACIÓN AGUA RESIDUAL TRATADA

Se realizó la caracterización del agua residual con toma de la alícuota de manera puntual después de realizar el proceso de clarificación y filtración, el punto de muestreo fue identificado como “Salida filtro laboratorio” y se evaluaron las variables de DBO, DQO, Grasas y Aceites y Fenoles por el ente prestador de servicios LABORATORIO QUIMICONTROL LTDA.

Se evidencia en el anexo 2 que se logró una disminución de los parámetros propuestos a partir de la alternativa seleccionada y el proceso experimental llevado a cabo dando cumplimiento a la normatividad 0631/2015

Tabla 18. Resultados caracterización final.

Parámetro	Unidades	Resultados finales.	Resolución 0631/3025	Resultados iniciales.	Porcentaje de remoción.
DBO	mg/L	73,1	135	1754	88,6%
DQO	mg/L	199,6	270	1164	93,7%
Aceites y grasas	mg/L	30,6	30	69	55,7%
Fenoles	mg/L	<0,049	<0.2	0,239	79,5%

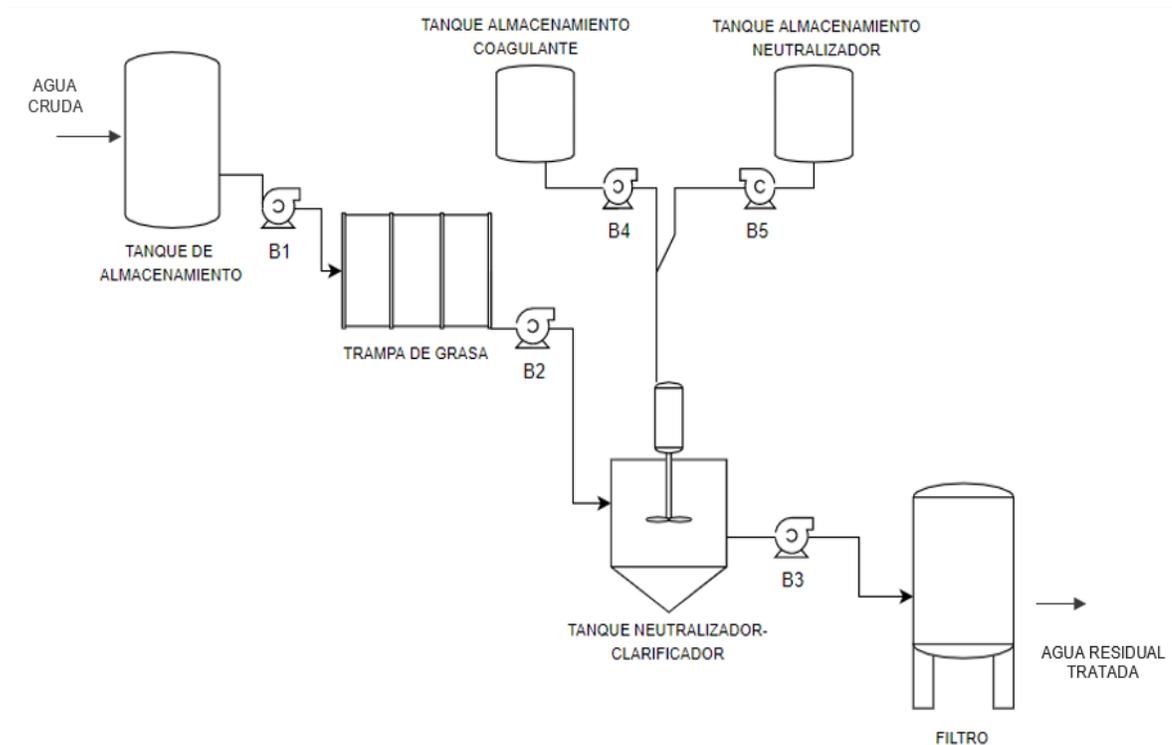
Fuente: elaboración propia.

Los parámetros de DBO, DQO, y fenoles cumplen con la normatividad (Ver tabla 18), sin embargo, las grasas y aceites no están dentro del límite permisible ya que en la evaluación experimental no se hizo el pre tratamiento de trampa de grasas lo que influyo en la caracterización de esta, a pesar de ello se espera que realizando el pre tratamiento de trampa de grasas los valores de éste disminuyan y estén dentro del parámetro que exige la norma.

5. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

Al escoger posteriormente el sistema de tratamiento de agua adecuado para la empresa EIS SAS, se llevará a cabo el escalamiento de éste a nivel industrial, por lo que es importante tener en cuenta ciertos factores que influirán en el diseño y especificación de los equipos a utilizar, como el volumen de agua que definirá el tamaño para un óptimo diseño, los costos de inversión y si es necesario rediseñar los equipos con los que cuenta la compañía, en este caso, la trampa de grasas. El sistema seleccionado consta de un tanque de almacenamiento, una trampa de grasas, un tanque donde se llevará a cabo tanto la neutralización como la clarificación y por último una operación de filtración. (Ver diagrama 6).

Diagrama 6. Diagrama del proceso de la alternativa seleccionada.



Fuente: elaboración propia

5.1 CONSUMO DE AGUA QUE SERÁ TRATADA

De acuerdo con el balance hídrico desarrollado anteriormente (Ver Tabla 3) se evidencia que la empresa consume 0,75 m³/día de agua residual industrial, lo que equivale a 3,75 m³/semana y 15 m³/mes, definiendo la cantidad de agua que se dispone para el tratamiento propuesto.

5.2 ALMACENAMIENTO DE AGUA

Debido que se presentan picos de caudal en la empresa EIS SAS ya que no existe un flujo de agua constante, se propone la instalación de un tanque de almacenamiento para que el tratamiento se lleve de forma continua. Se determina que la cantidad de agua cruda a tratar es de $1,5 \text{ m}^3/\text{día}$, es decir, se dispone el agua residual en el tanque por dos días y así evitar la variación de flujo.

A partir de los siguientes cálculos se realiza el dimensionamiento del tanque homogeneizador de caudal donde se tuvo en cuenta la relación altura/diámetro presentado en la ecuación 7 y un factor de seguridad estipulado de 15% ⁵⁸.

Ecuación 4. Volumen tanque homogeneizador.

$$V_{\text{tanque}} (\text{m}^3) = V_{a.c} + (V_{a.c} \times 15\%)$$

$$V_{\text{tanque}} (\text{m}^3) = 1,5\text{m}^3 + (1,5 \text{ m}^3 \times 15\%)$$

$$V_{\text{tanque}} = 1,725 \text{ m}^3$$

El volumen teórico del tanque cilíndrico permite calcular el diámetro del tanque teniendo en cuenta la relación altura/diámetro mencionada anteriormente. Se debe tener en cuenta que D: Diámetro de cilindro y h: Altura del cilindro.

Ecuación 5. Volumen del tanque cilíndrico.

$$V_{\text{cilindro}} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times h$$

Y despejando el diámetro del tanque tenemos la siguiente ecuación.

Ecuación 6. Diámetro del tanque cilíndrico.

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times V_{\text{tanque}}}{1,5 \times \pi}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times 1,725\text{m}^3}{1,5 \times \pi}} = 1,14 \text{ m}$$

Para calcular la altura del tanque se puede reemplazar en la relación mencionada en la ecuación 7 a partir del valor del diámetro, según el libro Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño realizado por el autor Jairo A. Romero.

⁵⁸ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento De Aguas Residuales: Teoría y Principios De Diseño. 3 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008. p. 1120

Ecuación 7. Altura del tanque cilíndrico.

$$h = D \times 1,5$$

$$h = 1,14 \text{ m} \times 1,5 = 1,71 \text{ m}$$

Finalmente, el área que se va a ocupar el tanque de almacenamiento se calcula a partir de la siguiente ecuación.

Ecuación 8. Área del tanque de almacenamiento.

$$\text{Área}(m^2) = \frac{\text{Volumen}}{\text{Altura}}$$

$$\text{Área} = \frac{1,725 \text{ m}^3}{1,71 \text{ m}} = 1,009 \text{ m}^2$$

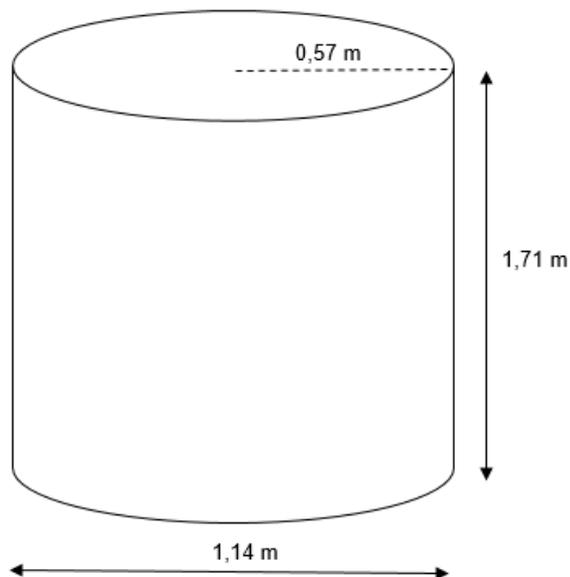
De acuerdo con las dimensiones representadas en la imagen 7 se muestra el diseño propuesto para el tanque de almacenamiento.

Tabla 19. Dimensiones tanque de almacenamiento.

DIMENSIÓN	VALOR.
Volumen	1,725 m ³
Diámetro	1,14 m
Altura	1,71 m
Área	1,009 m ²

Fuente: elaboración propia

Imagen 7. Dimensión tanque de almacenamiento.



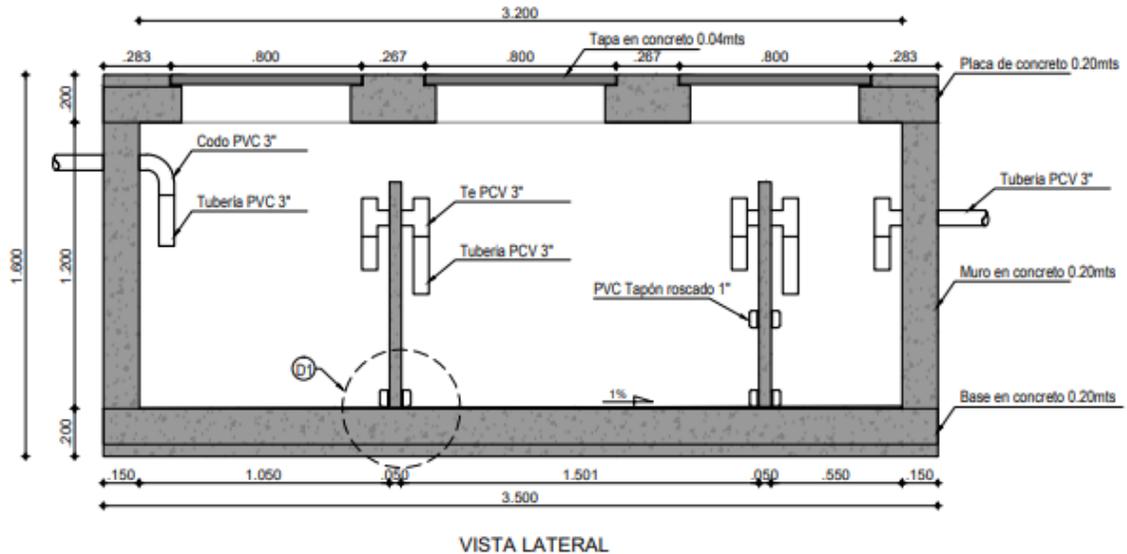
Fuente: elaboración propia

5.3 TRAMPA DE GRASAS

La trampa de grasas permite por gravedad la separación de aceites y grasas del agua, el diseño de esta es similar a la de un tanque séptico. La empresa cuenta con una trampa de grasas como tratamiento actual, ya que las grasas y aceites son agentes contaminantes del agua cruda como resultado del proceso de lavado.

El tratamiento que se realizó a nivel experimental no incluía este pre tratamiento debido a que no se construyó un prototipo a escala laboratorio; pero, con apoyo en los resultados de la caracterización realizada al agua tratada se evidencia una disminución del parámetro grasas y aceites pasando de un valor de 60 a 30,6. Se tiene en cuenta que este valor se encuentra fuera de la normatividad dado que el valor establecido en la 0631/2015 debe ser de 30, a pesar de ello se espera que incluyendo este pre tratamiento se logró disminuir el valor de las grasas y aceites y así cumplir con la normatividad.

Imagen 8. Trampa de grasas actualmente en la empresa Eléctricos, Ingeniería y Servicios S.A.S.



Fuente: documentación ELÉCTRICOS, INGENIERÍA Y SERVICIOS S.A.S

En la imagen 8 se observan los detalles del sistema trampa de grasas diseñada en mayo de 2012, el diseño actual cuenta con un volumen de 5 m³, dispuestos en cada cámara de la siguiente manera:

Tabla 20. Volumen trampa de grasas actual.

Cámara	Volumen (m ³)
1	1,7
2	2,4
3	0,9

Fuente: elaboración propia

Se propone realizar una modificación en el diseño de la trampa de grasas teniendo en cuenta un caudal de 1.5 m³ por día, cabe resaltar que el tratamiento está diseñado para llevarse a cabo cada dos días; basándose del sistema para abastecimiento de agua potable, se establece una relación ancho longitud de los compartimientos por cámara de 1:1,8⁵⁹ requisito clave para caudales de 0-1 L/s, además de emplear un tiempo de retención de 90 min.

⁵⁹INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Sistemas para abastecimiento de agua potables. Ideam. [en línea], [Consultado el 10 de noviembre de 2019]. Disponible en internet: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005125/ESTACION2/ESTACI2c.pdf>

Ecuación 9. Volumen trampa de grasas.

$$Volumen = Q * Tr$$

$$Volumen = 0,001041 \frac{m^3}{min} * 90 \text{ min} = 0,09375 m^3$$

El volumen por cada cámara es de 0,03123 m³, asumiendo un valor de ancho de 0,35 metros, se procede a realizar el cálculo para hallar el valor de la longitud y la altura de la cámara.

Ecuación 10. Longitud trampa de grasas

$$longitud = 1,8 * (ancho)$$

$$longitud = 1,8 * (0,35m) = 0,63 m$$

$$Volumen = ancho * alto * longitud$$

$$Altura = \frac{0,09375m^3}{0,63m * 0,35m} = 0,43m$$

En la tabla 21 se presentan las dimensiones finales para el diseño de la trampa de grasas.

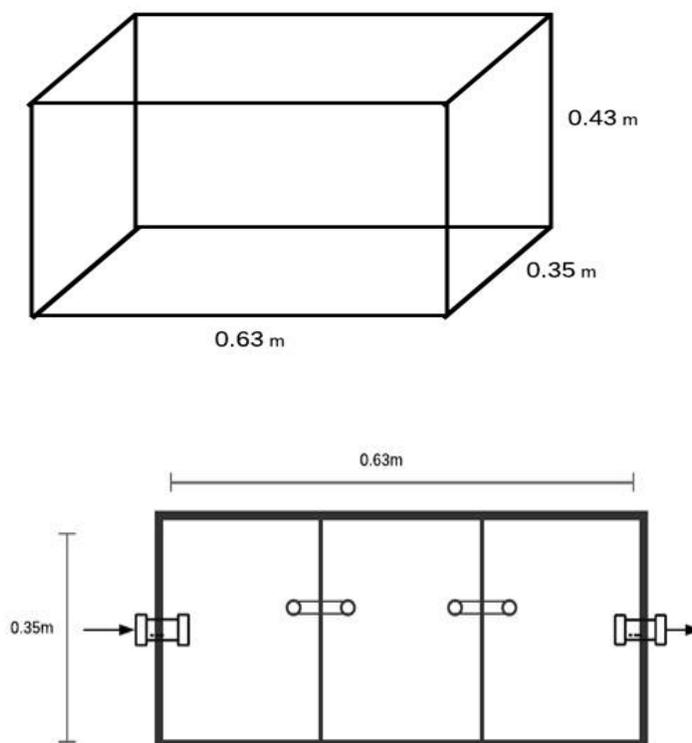
Tabla 21. Dimensiones trampa de grasas.

DIMENSIÓN	Valor
Altura (m)	0,43
Ancho (m)	0,35
Longitud (m)	0,63
Volumen (m ³)	0,09375

Fuente: elaboración propia

A continuación, en la imagen 9 se representa el dimensionamiento por compartimiento y el plano de la trampa de grasas.

Imagen 9. Dimensiones trampa de grasas.



Fuente: elaboración propia

5.4 VOLUMEN DE REACTIVOS

De acuerdo con los cálculos realizados anteriormente y estableciendo que el tratamiento de agua residual se propuso cada dos días con un volumen de agua a tratar de $1,5 \text{ m}^3$ se definirá el volumen de los reactivos que fueron seleccionados en la parte experimental.

5.4.1 Dosificación Hidróxido de Sodio. Para lograr un valor de pH de 8 en una muestra de 500 ml, el volumen requerido para alcalinizar el agua según la experimentación fue de 7 ml, por lo tanto, con la siguiente relación se calcula el volumen de NaOH requerido para llevar a cabo el tratamiento cada dos días.

$$\text{Relación NaOH (0,1M)} = \frac{7 \text{ mL NaOH (0,1M)}}{500 \text{ mL Agua residual industrial}}$$

El caudal de agua residual industrial a tratar es $1,5 \text{ m}^3$, mediante la siguiente relación se obtienen los mL de agua a tratar.

$$1,5 \text{ m}^3 \text{ Agua residual industrial} \times \frac{1 \times 10^6 \text{ mL Agua residual industrial}}{1 \text{ m}^3 \text{ Agua residual industrial}} \\ = 1500000 \text{ mL Agua residual industrial}$$

A partir de conocer la cantidad de mL de agua tratar, la siguiente relación permite conocer la dosificación de NaOH en litros para llegar a un pH de 8 en el sistema de tratamiento de aguas propuesto.

$$1500000 \text{ mL Agua residual industrial} \times \frac{7 \text{ mL NaOH}}{500 \text{ mL Agua residual industrial}} \\ \times \frac{1 \text{ L NaOH}}{1 \times 10^3 \text{ mL NaOH}} = 21 \text{ L NaOH (0,1M)}$$

La cantidad de NaOH a una concentración de 0,1M requerida para llevar a cabo el tratamiento de aguas cada dos días a la semana es de 21L, donde por medio de la densidad fue posible calcular un peso de 44,73 kg.

5.4.2 Dosificación Hidroxicloruro de Aluminio. El peso requerido de Hidroxicloruro de Aluminio para el proceso de coagulación en un volumen de 500 mL según los datos tomados en la experimentación fue de 0,020 g, por lo tanto, el volumen utilizado de este se calcula de la siguiente manera:

$$1500000 \text{ mL Agua residual industrial} \times \frac{0,02 \text{ g PAC}}{500 \text{ mL Agua residual industrial}} \\ = 60 \text{ g PAC}$$

La cantidad de PAC para desarrollar el tratamiento de aguas residual propuesto cada dos días a la semana es de 60 g.

5.5 TANQUE CLARIFICADOR

En el tanque clarificador se efectúa la neutralización del pH y el proceso de coagulación. Existen dos tipos para su diseño, uno es el tanque cuadrado y otro el de forma circular, sin embargo, en esta propuesta se propone el diseño circular el más recomendado según el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS - 2000.⁶⁰

El diseño del tanque clarificador se propone para su construcción bajo tierra y el líquido será succionado por medio de una bomba. El material que se propone para su fabricación es en acero inoxidable o PRFV.

⁶⁰ COLOMBIA. MINISTERIO DE VIVIENDA. Decreto 1594 (1993). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000 [en línea]. Bogotá, D.C. 150 p. [Consultado: 30 de septiembre de 2018]. Disponible en: http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_e_.pdf

Para calcular sus dimensiones se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- El tiempo de retención debe ser mínimo de 1 hora.⁶¹
- En la experimentación a escala laboratorio se llevó una mezcla lenta durante 15 minutos a 40 rpm.
- Se tuvo en cuenta un factor de seguridad de 1,5⁶² como se había mencionado en el diseño del tanque de almacenamiento.

A partir de la ecuación 11, se halla el volumen del tanque clarificador tomando 2 horas como tiempo de retención teniendo en cuenta el tiempo empleado a nivel experimental e incluyendo los 15 minutos de agitación, para un total de 135 minutos.

Ecuación 11. Volumen tanque clarificador.

$$V \text{ tanque } (m^3) = Q_{a.c} * Tr$$

$$V \text{ tanque} = \left(1,5 \frac{m^3}{\text{día}} \times \frac{1 \text{ día}}{1440 \text{ min}} \right) \times 135 \text{ min}$$

$$V \text{ tanque} = 0,1406 m^3$$

$$V \text{ tanque } (15\%) = 0,1406 m^3 + (0,1406 m^3 \times 15\%)$$

$$V \text{ tanque} = 0,1617 m^3$$

Se utiliza la ecuación empleada en el tanque de almacenamiento para hallar el diámetro del tanque clarificador.

$$V \text{ cilindro} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times h$$

Y despejando el diámetro del tanque tenemos la ecuación 12.

Ecuación 12. Diámetro tanque clarificador

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times V \text{ tanque}}{1,5 \times \pi}}$$

⁶¹ COLOMBIA. MINISTERIO DE VIVIENDA, Op. cit., p. 124

⁶² ROMERO ROJAS, Op. cit., p. 645.

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \times 0,1617m^3}{1,5 \times \pi}} = 0,52m$$

Para el cálculo de la sección cónica se supone que existe un ángulo de 45° al ser un triángulo rectángulo, por lo tanto este ángulo se pasará a radianes y el cateto adyacente es el radio, el cual ya se sabe a partir del diámetro calculado anteriormente, esto para poder hallar la altura de la sección cónica a partir de las siguientes ecuaciones.⁶³

Ecuación 13. Sección cónica.

$$\text{Tangente } (\beta) = \frac{\text{Cateto opuesto } (h)}{\text{Cateto adyacente } (r)}$$

$$45^\circ \times \frac{\pi}{180^\circ} = \frac{\pi}{4} = 0,785 \text{ radianes}$$

$$\text{Cateto opuesto } (h \text{ sección cónica}) = \text{Tangente } (\beta) \times \text{Cateto adyacente } (r)$$

$$\text{Cateto opuesto } (h \text{ sección cónica}) = \text{Tangente } (0,785) \times \frac{0,52m}{2}$$

$$\text{Cateto opuesto } (h \text{ sección cónica}) = 0,26 \text{ m}$$

Teniendo la altura de la sección cónica podemos utilizar la ecuación del volumen de un cono para determinar el volumen que ocupara los sólidos sedimentados.

Ecuación 14. Volumen del cono.

$$V \text{ cono} = \frac{\pi \times r^2 \times h \text{ sección cónica}}{3}$$

$$V \text{ cono} = \frac{\pi \times \left(\frac{0,52m}{2}\right)^2 \times 0,26m}{3}$$

$$V \text{ cono} = 0,018 \text{ m}^3$$

⁶³ RODRÍGUEZ REYES, Marcela y RUIZ LÓPEZ, Paola Carolina. Desarrollo de un sistema de tratamiento de aguas residuales industriales para la planta de producción de asequimicos SAS. Bogotá. Fundación Universidad de América. 2018. P. 96

A partir del volumen de la parte cónica, se halla el volumen de la parte cilíndrica y luego se podrá hallar la altura de éste.

Ecuación 15. Volumen cilindro.

$$V_{\text{cilindro}} = V_{\text{tanque}} - V_{\text{cono}}$$

$$V_{\text{cilindro}} = 0,1617 \text{ m}^3 - 0,018 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{cilindro}} = 0,1437 \text{ m}^3$$

Ecuación 16. Altura sección cilíndrica.

$$h_{\text{sección cilíndrica}} = \frac{4 \times V_{\text{cilindro}}}{\pi \times D^2}$$

$$h_{\text{sección cilíndrica}} = \frac{4 \times 0,1437 \text{ m}^3}{\pi \times (0,52 \text{ m})^2}$$

$$h_{\text{sección cilíndrica}} = 0,68 \text{ m}$$

Para poder hallar el área que ocupará el tanque clarificador es necesario hallar la altura total.

Ecuación 17. Altura tanque clarificador

$$h_{\text{total}} = h_{\text{sección cilíndrica}} + h_{\text{sección cónica}}$$

$$h_{\text{total}} = 0,68 \text{ m} + 0,26 \text{ m} = 0,94 \text{ m}$$

Por lo tanto, el área se conocerá por medio de la siguiente ecuación.

Ecuación 18. Área tanque clarificador

$$\text{Área} = \frac{\text{Volumen}}{\text{Altura}}$$

$$\text{Área} = \frac{0,1617 \text{ m}^3}{0,94 \text{ m}} = 0,1720 \text{ m}^2$$

5.5.1 Diseño agitador. Para conocer las dimensiones del agitador se tomaron en cuenta las siguientes dos relaciones.⁶⁴

$$\frac{D}{d} = 3; \frac{h}{d} = 1$$

Donde D: Diámetro del tanque, d: diámetro del agitador y h: altura del agitador.

$$d = \frac{D}{3}$$

$$d = \frac{0,52 \text{ m}}{3} = 0,173 \text{ m}$$

Por lo tanto, la altura del agitador tiene un valor de 0,173 m

La longitud de la paleta de agitación se halla a partir de la ecuación 19.

Ecuación 19. Longitud paleta de agitación.

$$l = \frac{d}{4}$$

$$l = \frac{0,173 \text{ m}}{4} = 0,043 \text{ m}$$

Finalmente, el diámetro del disco central del tanque se halla con la ecuación 20. La imagen 10 muestra el esquema del diseño del tanque con el agitador.

Ecuación 20. Diámetro del disco central.

$$S = \frac{D}{4}$$

$$S = \frac{0,52 \text{ m}}{4} = 0,13 \text{ m}$$

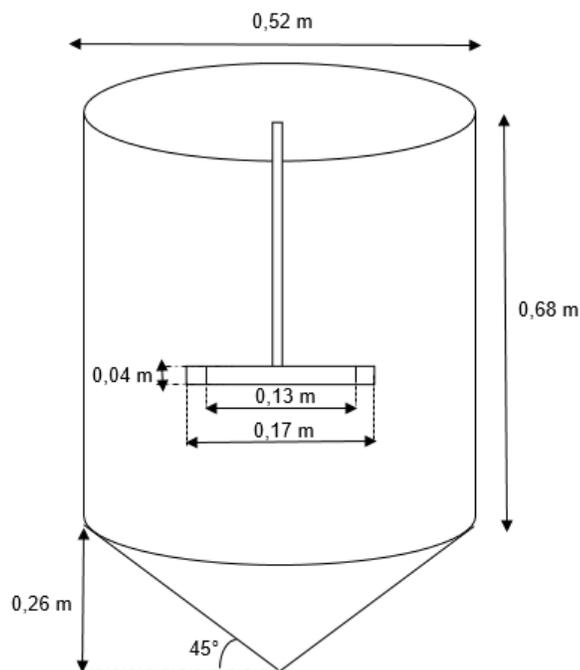
⁶⁴ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales, Teoría y principios de diseño.

Tabla 22. Dimensiones tanque clarificador.

Dimensión	Valor
Diámetro tanque	0,52 m
Altura cono	0,26 m
Volumen cono	0,018 m ³
Volumen cilindro	0,1437 m ³
Altura cilindro	0,68 m
Altura tanque	0,94 m
Diámetro agitador	0,173 m
Altura agitador	0,173 m
Longitud paleta	0,04 m
Diámetro disco central	0,13 m

Fuente: elaboración propia

Imagen 10. Dimensiones tanque clarificador



Fuente: elaboración propia

5.6 FILTRO

Con el propósito de lograr una mayor disminución de los agentes contaminantes se realiza un proceso de filtración, los componentes básicos para la implementación

de un filtro consisten en un sistema de distribución⁶⁵ tales como bombas que permitan el paso del fluido y el material filtrante que debe caracterizarse por presentar una alta resistencia, tamaños uniformes, e insolubilidad.

Los materiales granulares son económicos y tienen una eficiencia de remoción alta, la granulometría que poseen se define a partir de dos parámetros,⁶⁶ el tamaño efectivo de partícula ya que este permite asegurar un volumen de espacios adecuados⁶⁷ y el coeficiente de uniformidad para llevar a cabo de manera correcta la filtración. Los datos presentados en la tabla 23 se tomaron a partir de la revisión bibliográfica y describen las características para el diseño del filtro.

Tabla 23. Características de los materiales filtrantes.

MATERIAL FILTRANTE	TAMAÑO EFECTIVO (mm)	PROFUNDIDAD (cm)	COEFICIENTE UNIFORMIDAD
Arena ⁶⁸	0,3-0,5	15-30	1,2-1,6
Carbón activado ⁶⁹⁷⁰	0,7	55	<2,1
Antracita ⁷¹	0,7-1,3	45-70	1,35-1,6

Fuente: elaboración propia

Sabiendo que el tratamiento se realizará cada dos días el caudal de operación será de 1,5 m³ por tratamiento y una vez obtenidas las características de los materiales granulares a partir de la tesis titulada “DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA PELIKAN COLOMBIA S.A.S.” realizada por Angie Cristancho Bello y Andrés Noy Ortiz, se realizan los cálculos específicos para el dimensionamiento del filtro por medio de las siguientes ecuaciones, siendo TE: tamaño efectivo y CU: Coeficiente de uniformidad.

Ecuación 21. Tamaño efectivo del material filtrante.

$$\text{Tamaño efectivo} = \frac{TE \text{ mínimo} + TE \text{ máximo}}{2}$$

⁶⁵ MONTIEL GONZALEZ, Jose Mariano Rigoberto. Los filtros biológicos aerobios como una alternativa para aumentar la eficiencia de las lagunas de oxidación. México. Universidad Autónoma de Nueva León. 2001. P. 85

⁶⁶ UNIVERSIDAD DA CORUÑA, Op. cit., p. 13

⁶⁷ MONTIEL GONZALEZ, Op. cit., p. 130

⁶⁸ CRISTANCHO BELLO, Angie Julieth y NOI ORTIZ, Andrés Mauricio. Diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales para pelikan Colombia S.A.S. Bogotá. Fundación Universidad de América. 2016. P. 57

⁶⁹ CAPITULO II: Especificaciones de calidad y reactivación del carbón activado [en línea]. [Consultado: 1 de noviembre de 2019]. Disponible en: <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/20980/Capitulo2.pdf>

⁷⁰ BIBING. Activated carbon columns plant design [en línea]. [Consultado: 1 de noviembre de 2019]. Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/20087/fichero/CHAPTER+3.pdf>

⁷¹ PEREZ P, Jorge Arturo IV Filtración [en línea]. [Consultado: 1 de noviembre de 2019]. Disponible en: http://bdigital.unal.edu.co/70/6/45_-5_Capi_4.pdf

Ecuación 22. Coeficiente de uniformidad del material filtrante.

$$\text{Coeficiente de uniformidad} = \frac{CU \text{ m\u00ednimo} + CU \text{ m\u00e1ximo}}{2}$$

Ecuaci\u00f3n 23. Profundidad del material filtrante.

$$\text{Profundidad} = \frac{\text{Profundidad m\u00ednima} + \text{Profundidad m\u00e1xima}}{2}$$

- **Lecho de antracita.** El tama\u00f1o efectivo, el coeficiente de uniformidad y la profundidad se promedian.

$$\text{Tama\u00f1o efectivo} = \frac{0,7 + 1,3}{2} = 1 \text{ mm}$$

$$\text{Profundidad} = \frac{45 + 70}{2} = 57,5 \text{ cm}$$

$$\text{Coeficiente de uniformidad} = \frac{1,35 + 1,6}{2} = 1,475$$

- **Lecho de arena.** El tama\u00f1o efectivo, el coeficiente de uniformidad y la profundidad se promedian.

$$\text{Tama\u00f1o efectivo} = \frac{0,3 + 0,5}{2} = 0,4 \text{ mm}$$

$$\text{Profundidad} = \frac{15 + 30}{2} = 22,5 \text{ cm}$$

$$\text{Coeficiente de uniformidad} = \frac{1,2 + 1,6}{2} = 1,4$$

- **Lecho de carb\u00f3n activado.** El coeficiente de uniformidad se estableci\u00f3 como 1,8.

$$\text{Tama\u00f1o efectivo} = 0,7 \text{ mm}$$

$$\text{Profundidad} = 55 \text{ cm}$$

$$\text{Coeficiente de uniformidad} = 1,8$$

Para el c\u00e1lculo de la profundidad final se suman las profundidades calculadas anteriormente, se tiene en cuenta un falso fondo que se encarga de la recolecci\u00f3n

del agua y distribuir la presión de manera uniforme, la profundidad de este fondo será de 25 cm, también se tendrá en cuenta un espacio vacío de 20 cm de altura y la tasa de filtración de 120 m/día⁷².

Ecuación 24. Profundidad final.

$$Profundidad\ final = 57,5cm + 22,5cm + 55cm + 25\ cm + 20\ cm$$

$$Profundidad\ final = 180\ cm$$

Finalmente, el área de filtración, el volumen y el diámetro del filtro se calculan mediante las siguientes ecuaciones, hay que tener en cuenta la relación que se establece para poder relacionar el diámetro y la altura del filtro $h/D=1,5$.

Ecuación 25. Área de filtración.

$$\boxed{\text{Área de filtración} = \frac{\text{Caudal}}{\text{Tasa de filtración}}}$$

$$\text{Área de filtración} = \frac{1,5m^3/día}{120m/día} = 0,0125m^2$$

Ecuación 26. Volumen del filtro.

$$\boxed{\text{Volumen} = \text{Área de filtración} * \text{Altura}}$$

$$\text{Volumen} = 0,0125m^2 * 1,80m = 0,0225m^3$$

Ecuación 27. Diámetro del filtro.

$$\boxed{\text{Diámetro} = \frac{\text{altura}}{1,5}}$$

$$\text{Diámetro} = \frac{1,80\ m}{1,5} = 1,2\ m$$

En conclusión, los valores obtenidos se presentan en la tabla 24:

⁷² OIDOR PULIDO, Diana Marcela. Desarrollo de una propuesta para un sistema de tratamiento de agua residual de la empresa biobrill S.A.S. Bogotá. Fundación Universidad de América. 2018. P. 67

Tabla 24. Dimensiones del filtro.

Dimensión	Valor
Diámetro (m)	1,2
Radio (m)	0,6
Altura (m)	1,8
Volumen (m ³)	0,0225
Caudal (m ³ /día)	1,5
Área de filtración(m ²)	0,0125

Fuente: elaboración propia

La cantidad de material filtrante se muestra a continuación, Ver ANEXO 1.

Tabla 25. Cantidad de material filtrante.

Material filtrante	Cantidad (kg)
Carbón antracita	19,13
Arena Sílice	31,83
Carbón Activado	10,68

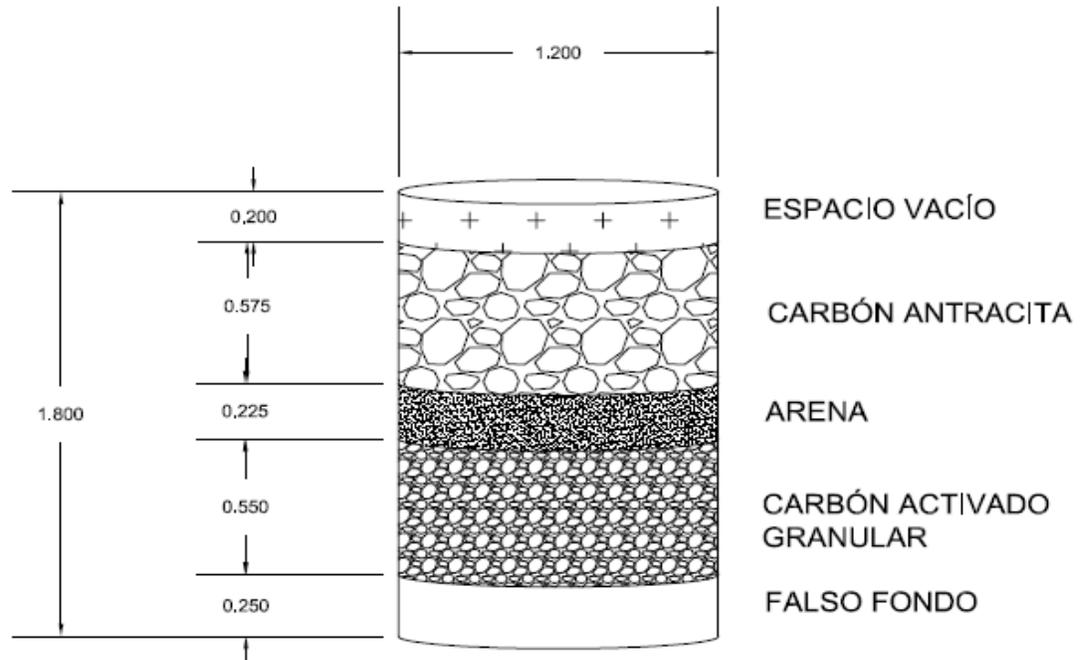
Fuente: elaboración propia

Para el diseño del filtro en primer lugar se propone un material de construcción en PFRV; se ubica en la parte superior el lecho de carbón antracita porque su porosidad no permite que el filtro se colmate⁷³; seguidamente, el material que logre pasar por la antracita se encuentra con un lecho de arena; y, por último, el carbón activado granular que actúa como la etapa final y soporte del filtro.

A partir de las dimensiones calculadas se realiza un esquema general del filtro propuesto, ver imagen 11. Cabe resaltar que la unidad de medida empleada para las dimensiones son metros.

⁷³ PEREZ, Op. cit., p. 6.

Imagen 11. Dimensión del filtro.



Fuente: elaboración propia

5.7 BOMBAS

Para facilitar el transporte de agua del sistema que se plantea de un proceso a otro es necesario la instalación de bombas centrífugas entre procesos ya que estas se caracterizan por bombear líquidos con sólidos o residuos en suspensión. Además, se implementan bombas dosificadoras para proporcionar la cantidad de reactivos exacta para tanto la neutralización como la coagulación. La cantidad de bombas centrífugas que se requieren son tres, y las bombas dosificadoras son dos.

La potencia de las bombas facilita el movimiento y transporte de los fluidos a través de la energía que se proporciona, para hallar las respectivas potencias se emplea la ecuación 28, en donde se tiene en cuenta la densidad del fluido, la altura, el caudal del líquido y la gravedad específica, correspondiendo esta última a un valor de $9,8 \text{ m/s}^2$. (Ver tabla 26).

Ecuación 28. Potencia bomba.

$$P = \rho * Q * g * \text{Altura}$$

Tabla 26. Datos para calcular la potencia.

Agente químico	Densidad (kg/m ³)	Altura (m)	Caudal (m ³ /s)
Hidroxiclورو de Aluminio	850	1,5	1,5
Hidróxido de Sodio	2130	1,5	1,5
Agua residual industrial	1014	1	1,5

Fuente: elaboración propia

- Potencia de la bomba de Hidroxiclورو de Aluminio.

$$P = \frac{850 \text{ Kg}}{\text{m}^3} * \frac{1,5 \text{ m}^3}{\text{s}} * \frac{9,8 \text{ m}}{\text{s}^2} * 1,5 \text{ m} = 18,74 \text{ kW}$$

- Potencia de la bomba de Hidróxido de Sodio

$$P = \frac{2130 \text{ Kg}}{\text{m}^3} * \frac{1,5 \text{ m}^3}{\text{s}} * \frac{9,8 \text{ m}}{\text{s}^2} * 1,5 \text{ m} = 46,97 \text{ kW}$$

- Potencial de la bomba de agua cruda

$$P = \frac{1014 \text{ Kg}}{\text{m}^3} * \frac{1,5 \text{ m}^3}{\text{s}} * \frac{9,8 \text{ m}}{\text{s}^2} * 1 \text{ m} = 14,91 \text{ kW}$$

Reemplazando los valores correspondientes en la ecuación 28 se obtienen los resultados indicados en la tabla 27.

Tabla 27. Bombas necesarias para el sistema de tratamiento de aguas residuales

Bomba	Tipo de bomba	Equipo	Potencia
B1	Centrifuga	Tanque almacenamiento- Trampa de grasas	
B2	Centrifuga	Trampa de grasas – tanque clarificador	14,91 kW
B3	Centrifuga	Tanque clarificador-filtro	
B4	Dosificadora	Tanque almacenamiento coagulante	18,74 kW
B5	Dosificadora	Tanque almacenamiento neutralizador	46,97 kW

Fuente: elaboración propia

Según la literatura, las bombas dosificadoras deben ser en acero inoxidable ANSI-316⁷⁴ porque manejan caudales hasta 240 m³/h y consumen potencia dentro de un rango de 0,25 kW hasta 75 kW.⁷⁵

A continuación, se evidencia una tabla que resume las dimensiones de los equipos.

Tabla 28. Resumen dimensiones de los equipos.

Equipo	Volumen	Diámetro	Altura	Ancho	Longitud
Tanque de almacenamiento	1,725 m ³	1,14 m	1,71 m	-	-
Trampa de grasas	0,09375 m ³	-	0,43 m	0,35 m	0,63 m
Tanque clarificador (cilindro)	0,1473 m ³	0,52 m	0,68 m	-	-
Paleta agitador		0,173 m	0,173 m		0,04 m
Filtro	0,0225 m	1,2 m	1,8 m	-	-

Fuente: elaboración propia.

Para concluir este objetivo se recomienda:

- Instalar dos filtros ya que la limpieza de éstos se hace por medio de la inversión del flujo conocido como retro lavado, por el volumen del filtro se requerirán altas cantidades de agua y presiones elevadas ya que la materia orgánica puede adherirse a los medios filtrantes y el agua para el retro lavado debe proceder de otro filtro.
- Realizar una prueba piloto del tratamiento propuesto antes de implementar el sistema con la finalidad de garantizar la calidad del mismo.
- La instalación del sistema de tratamiento de aguas puede llevarse a cabo de manera subterránea con el fin del aprovechamiento del espacio.
- Emplear el uso de agentes químicos que controlen los olores generados por el tiempo de retención que duran en cada equipo.

⁷⁴ SILICATOS Y DERIVADOS S.A. DE C.V. Sulfato de Aluminio [en línea] [Consultado el 10 de febrero de 2020]. Disponible en internet: [http://www.aniq.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/Sulfato%20de%20Al.Sol.%20Libre%20de%20Fe\(toda%20LIT\).pdf](http://www.aniq.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/Sulfato%20de%20Al.Sol.%20Libre%20de%20Fe(toda%20LIT).pdf)

⁷⁵XYLEM. e-SH - Bombas centrífugas en acero inoxidable 316. [en línea] [Consultado el 10 de febrero de 2020]. Disponible en internet: <https://www.xylem.com/es-es/products-services/pumps--packaged-pump-systems/pumps/end-suction-pumps/clean-water--clear-liquid/e-sh-stainless-steel-316-end-suction-pumps>

6. COSTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Este capítulo tiene la finalidad de realizar el análisis financiero de la alternativa seleccionada a partir de una serie de cotizaciones que permiten calcular los costos de inversión, operación y la multa por sanción ambiental, dando paso al conocimiento de las afectaciones y oportunidades contables que se tendrán al llevar al cabo la implementación de la propuesta realizada.

6.1 COSTOS DE INVERSIÓN

Para conocer el costo de inversión se realizaron las respectivas cotizaciones de cada unidad a utilizar en la propuesta seleccionada, en la tabla 27 se evidencian los resultados y en el Anexo 6 se encuentra la cotización realizada con la empresa Comercial de Aguas y Servicios SAS.

Tabla 29. Costos de inversión equipos.

Cantidad	Equipos	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
1	Tanque de almacenamiento	1,627,500	1,627,500
1	Trampa de grasas	217,900 ⁷⁶	217,900
1	Tanque clarificador	3,925,600	3,925,600
1	Filtro 3 lechos	1,627,500	1,627,500
2	Kit de dosificación	2,450,000	4,900,000
3	Bombas centrífugas	1,649,999	4,949,997
1	Tuberías de interconexión y válvulas	1,522,500	1,522,500
1	Tablero de control	1,627,200	1,627,200
1	Cableado interno a tablero	760,000	760,000
2	Válvulas 3 vías con canastilla	612,500	1,225,000
TOTAL			\$20,755,697.00
TOTAL (+IVA)			\$24,699,279.43

Fuente: elaboración propia

Tabla 30. Costo de inversión mano de obra.

Cantidad	Actividad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
1	Transporte	660.000	660.000
1	Trabajador	1.617.000	1.617.000
TOTAL			\$ 2.277.000
TOTAL (+IVA)			\$ 2.709.630

Fuente: Elaboración propia

⁷⁶ SODIMAC COLOMBIA S.A. Trampa grasa 95 L Colempaques. Homecenter. [en línea], [Consultado el 22 de noviembre de 2019]. Disponible en internet: <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/71493/trampa-grasa-95-litros>

Adicionalmente, se debe tener en cuenta el costo de mantenimiento que representa el 10% del costo total de la inversión de equipos, siendo este valor de \$2.469.927.

El costo de inversión de los equipos para el tratamiento de agua propuesto es de \$24,699,279.43, el costo de inversión de mano de obra es de \$ 2.709.630, y el costo de mantenimiento \$2.469.927 para un costo total de inversión de \$ 29.878.836,43.

La anualidad de la inversión se calcula con la siguiente ecuación.

Ecuación 29. Anualidad de inversión.

$$Anualidad_{inv} = inversión \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Donde i: Tasa de interés y n: Tiempo de vida del proyecto.

Se toma una tasa de oportunidad del 8,3% basándose en la tasa de interés de oportunidad que el banco ofrece y un tiempo de vida del proyecto de 5 años.

$$Anualidad_{inv} = \$29.878.836,43 \times \frac{0,083(1 + 0,083)^5}{(1 + 0,083)^5 - 1}$$

$$Anualidad_{inv} = \$ 7.542.611,54$$

El valor de la inversión anualmente es de \$ 7.542.611,54

COSTOS DE OPERACIÓN

Se determina teniendo en cuenta los costos de operación de la alternativa seleccionada, incluyendo costos de materia prima, servicios públicos, depreciación de equipos. Para los costos de operación anuales se tuvo en cuenta que el tratamiento se realiza 2 veces por semana, por lo tanto, 8 veces en el mes y se trabajan todos los meses del año.

Ecuación 30. Costo anual.

$$Costo\ anual = \# \frac{tratamiento}{mes} \times \frac{meses}{año} \times \frac{valor}{tratamiento}$$

$$Costo\ anual = 8 \times 12 \times \frac{valor}{tratamiento}$$

6.1.1 Costos materia prima. Los reactivos y materiales que se presentan se caracterizan por tener una alta pureza con el fin de garantizar la calidad del tratamiento. Comprende los reactivos o agentes químicos usados en el tratamiento. Las cotizaciones de los reactivos se realizaron vía-email con la entidad Distribuidora Aliados LTDA.

Tabla 31. Costos materia prima.

Materia prima	Valor unitario (\$)	Cantidad por tratamiento	Valor por tratamiento (\$)	Valor mensual(\$)	Valor anual (\$)
Hidróxido de Sodio en escamas (kg)	4200	44,73 kg	89.460	715.680	8.588.160
Hidroxocloruro de Aluminio (kg)	2000	0,06 kg	120	960	11.520
TOTAL					8.599.680
TOTAL (+IVA)					\$10.233.619

Fuente: elaboración propia

Tabla 32. Costos materiales granulares para filtro.

Materia prima	Valor unitario (\$)	Cantidad anual (kg)	Valor anual (\$)
Arena Sílice 25 kg	11.765	31,83	23.530
Carbón Antracita 25 kg	22.000	19,13	22.000
Carbón Activado 1 kg	9.720	10,68	103.809
TOTAL			149.339
TOTAL (+IVA)			\$ 177.713,41

Fuente: elaboración propia

6.1.2 Costos servicios públicos. Se tiene en cuenta la energía eléctrica que consumen los equipos, donde según los últimos recibos el valor de kWh es de \$12.000 y valor del agua por m³ es de \$3102, dato otorgado por la entidad aguas de la sabana. En la tabla 33 se evidencian los costos energéticos del proceso.

Tabla 33. Costos energéticos.

Equipo	Cantidad	Potencia (kw)	Tiempo (h)	Valor por unidad(\$)	Valor anual total (\$)
Bombas dosificadoras	2	0,015	1	180	360
Bombas centrífugas	3	0,29828	1	3579,36	10738,08
TOTAL					\$ 11.098,08

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 34 se detallan los costos mensuales y anuales, por consumo de agua en el proceso.

Tabla 34. Costos agua de servicio.

Agua de servicio	Valor unitario (\$)	Cantidad tratamiento (m ³)	Valor por tratamiento (\$)	Valor mensual (\$)	Valor anual (\$)
Retro lavado	3102	0,36	1.115,72	8.933,76	107.205,12
Preparación soluciones	3102	1,11825	3.468,8115	27.750,492	333.005,904
TOTAL					\$440.211,024

Fuente: elaboración propia

Es decir que el costo total es la sumatoria entre los costos energéticos y costos agua de servicio, con un total de \$ 451.309,104

6.1.3 Depreciación equipos. Se tiene en cuenta un periodo de depreciación de 10 años y un valor de salvamento del 10% del costo de los equipos. La depreciación se puede hallar por medio de la siguiente ecuación.

Ecuación 31. Depreciación equipos.

$$Depreciación = \frac{Cb - Vs}{n}$$

Donde Cb es la sumatoria del costo total de equipos y mano de obra, y Vs corresponde al valor de salvamento de los equipos.

$$Depreciación = \frac{\$29.878.836,43 - 2.469.927,9}{10}$$

$$\text{Depreciación} = \$2.740.890,9$$

6.2 ANUALIDAD SALVAMENTO

Se tiene un valor de salvamento del 10% en el costo de los equipos, como se menciona anteriormente la tasa de interés es del 8,3% ya que es la que el banco ofreció, en la siguiente ecuación se evidencia la anualidad de salvamento.

Ecuación 32. Anualidad salvamento.

$$Anualidad_{salv} = \frac{Valor_{salvamento}}{\frac{(1+i)^n - 1}{i}}$$

$$Anualidad_{salv} = \frac{\$2.740.890,9}{\frac{(1+0,083)^5 - 1}{0,083}}$$

$$Anualidad_{salv} = \$464.416,3772$$

6.3 COSTO ANUAL EQUIVALENTE

Es utilizado en la evaluación de proyectos de inversión para conocer el costo a partir de ingresos y desembolsos de manera anual.

Ecuación 33. Costo anual equivalente

$$CAE(i) = Anualidad_{inv} + costo\ total - Anualidad_{salv}$$

$$CAE(i) = \$ 7.542.611,54 + \$10.862.641,52 - \$464.416,3772$$

$$CAE(i) = \$17.940.836,68$$

El valor anual de la implementación del sistema de tratamiento de aguas y su ejecución es de \$17.940.836,68

6.4 COSTO SANCIÓN AMBIENTAL

Si no se implementa una solución a corto plazo la compañía EIS SAS estaría infringiendo la Normatividad 0631/2015 por los parámetros fuera de los valores estipulados. En consecuencia, la posible multa que enfrentaría la empresa se

calcula mediante los costos que se estipulan en la Resolución 2086 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Teniendo en cuenta la resolución se tiene en cuenta los siguientes parámetros:

A: Circunstancias agravantes y atenuantes

B: Beneficio ilícito

α : Factor de temporalidad

i: Grado de afectación ambiental y/o evaluación del riesgo

Ca: Costos asociados

Cs: Capacidad socioeconómica del infractor

Donde en el artículo N°4 de esta resolución define el cálculo de la multa de la siguiente manera.

Ecuación 34. Multa

$$Multa = B + [(\alpha \times i) \times (1 + A) + Ca]Cs$$

6.5 BENEFICIO LÍCITO

La resolución 2086 propone la siguiente ecuación para hallar el beneficio ilícito.

Ecuación 35. Beneficio licito.

$$B = \frac{Y \times (1 - p)}{p}$$

B: Beneficio ilícito obtenido por el infractor

Y: Sumatoria de ingresos y costos (costos evitados)

p: Capacidad de detección de la conducta la cual tiene valores establecidos en la tabla 35

Tabla 35. Capacidad de detección.

Capacidad de detección	Valor
Baja	0,40
Media	0,45
Alta	0,50

Fuente: elaboración propia.

Se tiene que la capacidad de detección es alta con un valor de 0,50.

Para hallar el valor de los costos evitados se tienen en cuenta la siguiente ecuación propuesta en la resolución.

Ecuación 36. Costos Evitados

$$Y = C_E \times (1 - T)$$

Donde:

C_E = Es el valor de CAE calculado anteriormente.

T = Impuesto⁷⁷

$$Y = \$17.940.836,68 \times (1 - 0,33)$$

$$Y = \$12.020.360,58$$

Por lo tanto, el valor de beneficio ilícito se calcula con los siguientes datos.

$$B = \frac{\$12.020.360,58 \times (1 - 0,5)}{0,5}$$

$$B = \$12.020.360,58$$

6.5.1 Grado afectación ambiental. Se tiene en cuenta el artículo N°7 de la resolución donde se definen los siguientes parámetros para calcular el valor de la importancia de afectación ambiental.

IN: Intensidad

EX: Extensión

PE: Persistencia

RV: Reversibilidad

MC: Recuperabilidad

A partir de la siguiente ecuación se puede hallar el grado de afectación ambiental.

Ecuación 37. Importancia de afectación.

$$I = (3 \times IN) + (2 \times EX) + PE + RV + MC$$

⁷⁷ COLOMBIA. MINISTERIO DE CIENCIAS. Ley 633 de 2000 (29, diciembre). Por la cual se expiden normas en materia tributaria, se dictan disposiciones sobre el tratamiento a los fondos obligatorios para la vivienda de interés social y se introducen normas para fortalecer las finanzas de la Rama Judicial. Bogotá D.C.: El ministerio, 2000. p. 75.

$$I = (3 \times 4) + (2 \times 1) + 5 + 1 + 3$$

$$I = 23$$

Obteniendo el resultado de 23 para la importancia de afectación y teniendo en cuenta que la resolución 2086 establece diferentes rangos de importancia de afectación, se define que al encontrarse en un rango de 21 a 40 el nivel de afectación es moderado. Por lo tanto, en la siguiente ecuación se establece el grado de afectación ambiental en unidades monetarias.

Ecuación 38. Valor monetario de la importancia de afectación ambiental.

$$i = (22,06 \times SMMLV) \times I$$

$$i = (22,06 \times \$828,116) \times 23$$

$$i = \$420.169.496,1$$

Donde i que es el valor monetario de la importancia de la afectación obtuvo un valor de \$420.169.496,1.

Para el factor de temporalidad, se tiene establecido que d : es el número de días continuos durante los cuales sucede el ilícito.

Ecuación 39. Factor de temporalidad.

$$\alpha = \frac{3}{364} \times d + \left(1 - \frac{3}{364}\right)$$

$$\alpha = \frac{3}{364} \times 48 + \left(1 - \frac{3}{364}\right)$$

$$\alpha = 1,3874$$

6.5.2 Circunstancias agravantes y atenuantes. Se establecen valores en la resolución 2086/2010. En agravantes se tiene en cuenta 2 que es la reincidencia y el daño al medio ambiente, a los recursos naturales o al paisaje, dejando de lado los otros criterios que no aplican porque hacen referencia a cometer la infracción para ocultar otra, obstaculizar la acción de las autoridades ambientales, atentar contra recursos naturales ubicados en áreas protegidas, entre otras. Por lo tanto, se determina que por 2 agravantes el máximo valor es de 0,4.

Para los atenuantes, se tiene un valor de -0,4 por el hecho de que la empresa EIS SAS quiera mitigar por iniciativa propia el daño antes de iniciar el proceso de sanción ambiental.

Ecuación 40. Circunstancias agravantes y atenuantes.

$$A = \text{Agravantes} + \text{Atenuantes}$$

$$A = 0,4 + (-0,4) = 0$$

6.5.3 Capacidad socioeconómica del infractor. Se halla por medio de tablas proporcionadas en el artículo n°10 de la resolución donde se tiene en cuenta si es una persona natural, jurídica o ente territorial. Al ser EIS SAS una pequeña empresa contando con 35 empleados ⁷⁸ se establece un factor de ponderación de 0,5.

$$Cs = 0,5$$

6.5.4 Costos asociados. Son costos diferentes a los atribuidos por la autoridad ambiental, por lo tanto, se tiene en cuenta el acompañamiento de un ingeniero ambiental quien realizará inspección por parte del ministerio de medio ambiente. Se estima un salario de \$4.500.000⁷⁹ y realizará su labor en un período de una semana.

$$Ca = \$1.200.000$$

6.5.5 Multa generada por mes. Teniendo en cuenta la ecuación estipulada anteriormente y nombrada en el artículo n°4 se determina la multa generada por mes al infringir la normatividad ambiental.

$$\text{Multa} = B + [(\alpha \times i) \times (1 + A) + Ca]Cs$$

$$\text{Multa} = \$12.020.360,58 + [(1,3874 \times \$420.169.496,1) \times (1 + 0) + \$1.200.000] \times 0,5$$

$$\text{Multa} = \$304.091.940 \text{ mensual}$$

Se evidencia que la sanción ambiental que se genera mensualmente es de \$304.091.940 por el no cumplimiento de los parámetros establecido en la Resolución 0631/2015. En busca de beneficios económicos y ambientales, es necesario que la empresa EIS SAS lleve a cabo la implementación del sistema de

⁷⁸MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO. ¿Qué es la PYME? Portal Pyme. [en línea], [Consultado el 22 de noviembre de 2019]. Disponible en internet: <http://www.ipyme.org/es-ES/DatosPublicaciones/Paginas/DefinicionPYME.aspx>

⁷⁹ RODRÍGUEZ REYES, Op. cit., p. 89

tratamiento de aguas propuesta la cual tiene un menor costo de inversión que la multa a pagar, con un valor de \$ 27.408.909,43 y \$1.446.936,6 corresponde al valor del tratamiento mensualmente.

Tabla 36. Resumen datos análisis financiero.

Variable	Valor
Costo inversión de equipos.	\$24.699.279,43
Costo inversión mano de obra	\$ 2.709.630
Costo mantenimiento equipos	\$2.469.927
Costo total inversión	\$ 29.878.836,43
Anualidad inversión	\$ 7.542.611,54
Costo materia prima	\$10.233.619
Costos materiales granulares para filtro	\$ 177.713,41
Costo servicios públicos	\$ 451.309,104
Depreciación equipos	\$2.740.890,9
Anualidad salvamento	\$464.416,3772
Costo anual equivalente	\$17.940.836,68
Costos evitados	\$12.020.360,58
Beneficios ilícitos	\$ 12.020.360,58
Importancia de afectación	23
Valor monetario importancia de afectación	\$ 420.169.496,10
Factor de temporalidad	1,3874
Agravantes y atenuantes	0
Costos asociados	\$ 1.200.000
Capacidad socioeconómica del infractor	0,5
Costo multa	\$ 304.091.940

Fuente: elaboración propia.

7. CONCLUSIONES

- A partir del diagnóstico que se realizó en la compañía teniendo en cuenta el pre tratamiento existente y el proceso ejecutado durante una jornada laboral, se evidenció que la solución actual para el tratamiento de agua residual no es eficiente, lo cual se demuestra a partir de la caracterización del agua residual industrial realizada por Hidrolab, ente prestador de servicios que realizó un muestreo compuesto y determinó el valor de los parámetros de DBO, DQO, GYA, FENOLES, pH y TURBIEDAD con resultados de 1164 mg/L O₂, 1754 mg/L O₂, 69 mg/L, 0,239 mg/L, 5,3 y 239 NTU donde se concluye que los primeros cinco valores están fuera de los establecido de la resolución 0631/2015.
- Se plantearon tres alternativas las cuales fueron evaluadas por medio de una matriz de selección, donde la alternativa 2 presentó un puntaje de 9, siendo ésta la adecuada para desarrollar la fase experimental que se basó en la prueba de tres coagulantes diferentes, donde se obtiene que el coagulante que presenta mayor remoción de turbiedad es el hidroxiclورو de aluminio con una dosificación de 20 ppm, posteriormente se diseñó la construcción del filtro a escala laboratorio para concluir el orden adecuado de los materiales filtrantes para lograr una mayor disminución de los parámetros.
- Se realizaron las especificaciones técnicas de la alternativa propuesta a partir del respectivo cálculo para hallar las dimensiones de cada equipo a utilizar, en este caso, tanque de almacenamiento para manejar un caudal continuo durante el tratamiento llevado a cabo cada dos días, seguido de una trampa de grasas, un tanque clarificador con el respectivo diseño de la paleta de agitación y finalmente, el filtro mixto compuesto de carbón antracita, arena sílice y carbón activado como materiales filtrantes.
- Se concluye que es más viable económicamente para la empresa EIS SAS implementar la alternativa seleccionada donde por medio de cálculos realizados, se determinó tanto la multa mensual como la puesta en marcha del proyecto, permitiendo la comparación monetaria de estos.

8. RECOMENDACIONES

- Considerar la evaluación de diferentes coagulantes a los usados en éste proyecto, debido a que pueden existir coagulantes que presenten una mayor clarificación del agua.
- Se recomienda emplear el sistema de flotación por aire disuelto (DAF) para evaluar si presenta una mayor remoción de aceites y grasas.
- Realizar un prototipo de trampa de grasas para evaluar si presenta una mayor remoción de aceites y grasas.

BIBLIOGRAFÍA

AGUAMARKET. Sólidos Sedimentables. Aguamarket y Cía. Ltda. [En línea], [Consultado el 6 de abril de 2019]. Disponible en internet: <https://www.aguamarket.com/diccionario/terminos.asp?Id=1874%20&%20termino=S%F3lidos+sedimentables>

ALARCÓN RONDÓN, Eliana Iveth y NEITA PINTO, Laura Catalina. Propuesta para la reutilización del agua residual tratada en una empresa de cereales en la ciudad de Bogotá. Bogotá. Fundación Universidad de América. 2017. P. 133

ARRIOLS, Enrique. Qué son las aguas residuales y cómo se clasifican. Ecología verde. [En línea], [Consultado el 30 de marzo de 2019]. Disponible en internet: <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-residuales-y-como-se-clasifican-1436.html>

AULA VIRTUAL. Capítulo 3 pre cloración. Aula virtual [en línea], [Consultado el 25 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/etap/unidades/curso/uni_04/u4c3s1.htm

BARRAQUE, Ch, et al. Coagulación y floculación del agua. [en línea] [Consultado el 16 de abril de 2019] Disponible en internet: [http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/coagulacion_floculacion_agua.pdf]

BONSAI MENORCA. Ósmosis inversa. Bonsai menorca [en línea], [Consultado el 27 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/osmosis-inversa/>

CARBOTECNIA. ¿Qué es el Carbón activado? Carbotecnia [en línea], [Consultado el 27 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-el-carbon-activado/>

CARBOTECNIA. Antracita – medio filtrante para lecho profundo. Carbotecnia [en línea], [Consultado el 27 de septiembre de 2019]. Disponible en internet:

CARBOTECNIA. Arena sílica. Carbotecnia [en línea], [Consultado el 27 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/aguas-residuales-clasificacion-y-caracteristicas/>

CARBOTECNIA. Arena sílica. Carbotecnia [en línea], [Consultado el 27 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: <https://www.carbotecnia.info/producto/medio-arena-silica-para-filtros-de-agua/>*

CÁRDENAS ANDÍA, Yolanda. Tratamiento de agua coagulación y floculación. PDF, [en línea], abril de 2000, [consultado el 7 de febrero de 2019], p. 44. Disponible en

internet: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154

CERÓN PÉREZ, Vicky Alexandra. Estudio para la determinación y dosificación óptima de coagulantes en el proceso de clarificación de aguas crudas. San Juan de Pasto. Universidad de Nariño. 2016. P. 83

CIDTA. Características de las aguas residuales. PDF, [en línea], [consultado el 20 de noviembre de 2019], p. 62. Disponible en internet: <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/Caracteristicas.PDF>

COGOLLO FLÓREZ, Juan Miguel. Clarificación de aguas usando coagulantes polimerizados: caso del hidroxiclorigenato de aluminio. [En línea]. Revista UN, vol. 78, núm. 165, 2011, p 20. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Colombia. [Consultado 09 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/25636>

COLOMBIA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA. NTC 3903 (21, abril, 2010). Procedimiento para el ensayo de Coagulación-floculación en un recipiente con agua o método de jarras [en línea] ,2010. Bogotá, Colombia. [Consultado el 20 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: <https://tienda.icontec.org/>

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631 (17, marzo, 2015). Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C.: El ministerio, 2015. p. 16.

COLOMBIA. MINISTERIO DE CIENCIAS. Ley 633 de 2000 (29, diciembre). Por la cual se expide normas en materia tributaria, se dictan disposiciones sobre el tratamiento a los fondos obligatorios para la vivienda de interés social y se introducen normas para fortalecer las finanzas de la Rama Judicial. Bogotá D.C.: El ministerio, 2000. p. 75.

COLOMBIA. MINISTERIO DE VIVIENDA. Decreto 1594 (1993). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000 [en línea]. Bogotá, D.C. 150 p. [Consultado: 30 de septiembre de 2018]. Disponible en: http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_e_.pdf

CONDORCHEM. Caracterización del agua residual. Condorchem envitech [en línea], [Consultado el 6 de abril de 2019]. Disponible en internet: <https://blog.condorchem.com/caracterizacion-del-agua-residual/>

CRISTANCHO BELLO, Angie Julieth y NOI ORTIZ, Andrés Mauricio. Diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales para pelikan Colombia S.A.S. Bogotá. Fundación Universidad de América. 2016. P. 57

DSS S.A. Ósmosis inversa. Diseño y soluciones sostenibles DSS S.A [en línea], [Consultado el 25 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: http://dss.com.ec/wp-content/uploads/2012/07/osmosis_inversa.pdf

ECURED. pH (acidez). EcuRed. [En línea], [Consultado el 30 de marzo de 2019]. Disponible en internet: [https://www.ecured.cu/PH_\(acidez\)](https://www.ecured.cu/PH_(acidez))

ESPIGARES GARCÍA M. y PÉREZ LÓPEZ J. A. Aguas residuales, Composición [en línea] [Consultado el 20 de septiembre de 2019] Disponible en internet: http://cidta.usal.es/cursos/EDAR/modulos/Edar/unidades/LIBROS/logo/pdf/Aguas_Residuales_composicion.pdf

FIBRAS Y NORMAS DE COLOMBIA S.A.S. Aguas residuales: clasificación y características. Fibras & Normas de Colombia S.A.S. [en línea], [Consultado el 30 de marzo de 2019]. Disponible en internet: <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/aguas-residuales-clasificacion-y-caracteristicas/>

FILTRAH20. Arena sílice. Filtrah20 Ltda. [En línea], [Consultado el 27 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: <http://www.filtrah20ltda.com/arena-silice/>

FLORES BAQUERO, Oscar. Diseño de una planta de carbón para el estudio del abatimiento de micro-contaminantes en aguas. [En línea]. [Consultado el 1 de noviembre de 2019]. Disponible en internet: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/20087/direccion/CHAPTER+3.pdf.%252F>

FLUENCE CORPORATION LIMITED. Flotación de aire disuelto. Fluence. [En línea], [Consultado el 20 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: <https://www.fluencecorp.com/es/flotacion-aire-disuelto/>

GRUNDFOS COLOMBIA S.A.S. El término aguas pluviales describe al agua que se origina durante las precipitaciones meteorológicas. [En línea]. [Consultado el 30 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://co.grundfos.com/service-support/encyclopedia-search/stormwater.html>

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACION. Compendio de normas para trabajos escritos. NTC-1486-6166. Bogotá D.C: El instituto, 2018. ISBN 9789588585673., p153.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Sistemas para abastecimiento de agua potables. Ideam. [En línea], [Consultado el

10 de noviembre de 2019]. Disponible en internet: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/005125/ESTACION2/ESTACI2c.pdf>

ISA INGENIERÍA Y SERVICIOS AMBIENTALES

KUNITSUKA, Ikuko. ¿Cuánta agua consumes realmente por día? BID Mejorando vidas [en línea], [Consultado el 12 de agosto de 2015] Disponible en internet: <https://blogs.iadb.org/agua/es/cuanta-agua-consumes-realmente-por-dia/>

LEITON SALAMANCA, Miguel Angel y SEDANO CABRERA, Paula Andrea. Desarrollo de una propuesta de mejora para la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa de lácteas inversiones fasulac Ltda. Bogotá. Fundación Universidad de América. 2017. P. 123

MALDONADO YACTAYO, Víctor. Filtración [en línea] [Consultado: 15 de marzo de 2017]. Disponible en internet: <http://www.ingenieroambiental.com/4014/nueve.pdf>
MATERIA ORGANICA. [Recurso en línea]. [Consultado el 30 de marzo de 2019]. Disponible en: http://www.ujaen.es/huesped/pidoceps/telav/fundespec/materia_organica.htm

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 631 de 2015. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Minambiente presentó planes de conservación de especies de plantas en peligro de extinción. Minambiente. [En línea], [Consultado el 25 de noviembre de 2019]. Disponible en internet: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto 3930 de 2010: Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. [En línea], [consultado el 15 de abril de 2019], p 26. Disponible en internet: http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/dec_3930_2010.pdf

MINISTERIO DE AMBIENTE. Minambiente presenta nueva Norma de Vertimientos que permitirá mejorar la calidad agua del país. Minambiente. [En línea], [Consultado el 25 de noviembre de 2019]. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/1700-minambiente-presenta-nueva-norma-de-vertimientos-que-permitira-mejorar-la-calidad-agua-del-pais>

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO. ¿Qué es la PYME? Portal Pyme. [En línea], [Consultado el 22 de noviembre de 2019]. Disponible en internet: <http://www.ipyme.org/es-ES/DatosPublicaciones/Paginas/DefinicionPYME.aspx>

MONTIEL GONZALEZ, Jose Mariano Rigoberto. Los filtros biológicos aerobios como una alternativa para aumentar la eficiencia de las lagunas de oxidación. México. Universidad Autónoma de Nueva León. 2001. P. 85

MORENO, Linda, et al. Test de jarras. Laboratorio de agua y saneamiento SENA. [En línea], [Consultado el 25 de noviembre de 2019]. Disponible en internet: <http://laboratoriosaguasena.blogspot.com/2015/05/test-de-jarras.html>

NAVARRO R, María O. Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días, incubación y electrometría. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – República de Colombia. [En línea], [Consultado el 13 de abril de 2019]. Disponible en internet: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno.pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>

OIDOR PULIDO, Diana Marcela. Desarrollo de una propuesta para un sistema de tratamiento de agua residual de la empresa biobrill S.A.S. Bogotá. Fundación Universidad de América. 2018. P. 67

PASCUAL DEL RIQUELME, Mercedes Lloréns. Alternativas para el tratamiento de efluentes industriales [diapositivas]. Murcia, España. 16 de marzo. de 2016, 54 diapositivas. [Consultado: 26 de septiembre de 2019]. Disponible en internet: https://www.um.es/documents/3456781/3691285/Depuracion_Llorens-1.pdf/2c454f3d-c5f8-422d-9e53-bc20e5f5b792

PEREZ P, Jorge Arturo IV Filtración [en línea]. [Consultado: 1 de noviembre de 2019]. Disponible en: http://bdigital.unal.edu.co/70/6/45_-_5_Capi_4.pdf

QUIMA. Trampas de grasa. Quima. [En línea], [Consultado el 13 de abril de 2019]. Disponible en internet: <https://quima.com/blogs/blog/trampas-de-grasa>

QUIMTIA INDUSTRIAL. ¿Qué son los efluentes líquidos? [diapositivas]. Slideshare. 2 de octubre de 2018, 10 diapositivas. [Consultado el 30 de marzo de 2019]. Disponible en: <https://www.slideshare.net/QuimtiaMedioAmbiente/tipos-de-efluentes-industriales-117860304>

RAMSEY, Mark, et al. Flóculo. Oilfield Glossary [en línea] [Consultado el 25 de noviembre de 2019] Disponible en internet: <https://www.glossary.oilfield.slb.com/es/Terms/f/floc.aspx>

RODRÍGUEZ REYES, Marcela y RUIZ LÓPEZ, Paola Carolina. Desarrollo de un sistema de tratamiento de aguas residuales industriales para la planta de producción de asequequímicos SAS. Bogotá. Fundación Universidad de América. 2018. P. 96

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento De Aguas Residuales: Teoría y Principios De Diseño. 3 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008. p. 1120

ROTOPLAS. Agua cruda [en línea], [Consultado: 25 de noviembre de 2019]. Disponible en internet: <https://rotoplas.com.mx/agua-cruda/>

SERVICIO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL. Normativa ambiental aplicable. SEA. [En línea], [Consultado el 16 de abril de 2019]. Disponible en internet: <https://www.sea.gob.cl/documentacion/permisos-autorizaciones-ambientales/normativa-ambiental-aplicable>

SEVILLANO, Ángel Sebastián y TORRES, Paola Beatriz. Obtención de carbón activado a partir de madera, estudio de pre factibilidad. San Rafael, Mendoza. Universidad Nacional de Cuyo. 2013. P. 34

SILICATOS Y DERIVADOS S.A. DE C.V. Sulfato de Aluminio [en línea] [Consultado el 10 de febrero de 2020]. Disponible en internet: [http://www.anig.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/Sulfato%20de%20Al.Sol.%20Libre%20de%20Fe\(toda%20LIT\).pdf](http://www.anig.org.mx/pqta/pdf/Respaldo/Sulfato%20de%20Al.Sol.%20Libre%20de%20Fe(toda%20LIT).pdf)

SILVA BURGA, Javier Alejandro. Evaluación y rediseño del sistema de estabilización de la Universidad de Piura. Perú. Universidad de Piura. 2004. P. 12

SODIMAC COLOMBIA S.A. Trampa grasa 95 L Colempaques. Homecenter. [En línea], [Consultado el 22 de noviembre de 2019]. Disponible en internet: <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/71493/trampa-grasa-95-litros>

TOAPANTA VERA, María Isabel. Calidad del agua: Grasas y aceites. [En línea], [Consultado el 6 de abril de 2019]. Disponible en internet: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/2/GRASASYACEITE S.doc>

TOAPANTA VERA, María Isabel. Calidad del agua: Grasas y aceites. [En línea], [Consultado el 6 de abril de 2019]. Disponible en internet: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6161/2/GRASASYACEITE S.doc>

UNIVERSIDAD DE CORUÑA, Fichas técnicas de etapas de proceso de planta de tratamiento de aguas residuales de la industria textil, 2014. p 10

WIKIPEDIA. Cloruro de Hierro. Wikipedia la enciclopedia libre. [en línea], [Consultado el 11 de febrero de 2020]. Disponible en internet: [https://es.wikipedia.org/wiki/Cloruro_de_hierro_\(III\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Cloruro_de_hierro_(III)).

XYLEM. e-SH - Bombas centrífugas en acero inoxidable 316. [en línea] [Consultado el 10 de febrero de 2020]. Disponible en internet: <https://www.xylem.com/es-es/products-services/pumps--packaged-pump-systems/pumps/end-suction-pumps/clean-water--clear-liquid/e-sh-stainless-steel-316-end-suction-pumps>

ANEXOS

ANEXO A. RESULTADOS CARACTERIZACIÓN INICIAL



Pág. 5 de 6

RESULTADOS ANALISIS DE LABORATORIO Y CRITERIO DE CALIDAD

Parámetros	Unidades	Resultados	Resolución 631/ 2015	Concepto
Nitrato	mg/L N-NO3	1,1	Análisis y Reporte	-
Nitrito	mg/L N-NO2	<0,010	Análisis y Reporte	-
Nitrógeno Kjeldahl	mg/L N	21,9	-	-
Nitrógeno Total	mg/L N	23,0	Análisis y Reporte	-
Ortofosfato	mg/L P	33,5	Análisis y Reporte	-
pH	unidad	5,3	5,0 – 9,0	Cumple
Aceites y Grasas	mg/L	69,0	30,0	No Cumple
DBO (5 días)	mg/L	1164,0	135,0	No Cumple
DQO	mg/L	1754,0	270,0	No Cumple
Hidrocarburos totales	mg/L	50,0	Análisis y Reporte	-
Detergentes aniónicos	mg/L SAAM	39,0	Análisis y Reporte	-
Sólidos sedimentables	ml/L	<0,1	7,5	Cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/L	67,0	135,0	Cumple
Turbiedad	UNT	239,0	-	-
Fósforo Total*	mg/L P	39,9	Análisis y Reporte	-

*Parámetros subcontratados

CONCLUSIONES

La muestra identificada como **Vertimiento** cumple parcialmente con lo establecido en la **Resolución 631 de 2015**, ya que los parámetros **Aceites y Grasas, DBO₅ Y DQO** exceden los valores límites máximos permisibles para dichos parámetros.


 Hyper U.
 Profesional de Campo.

ANEXO B. RESULTADOS CARACTERIZACIÓN FINAL



L. Q. LABORATORIO QUIMICONTROL LTDA.
Ambiente e Industria

INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

INFORME 1 C1256
13 de noviembre de 2019



IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Señora
Alison Melo Torres
Teléfono: 3013161828
Dirección: Calle 11 B Bis A # 78-23
Bogotá, D.C.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

ORDEN DE SERVICIO: 9421
FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 31 de octubre de 2019
MATRIZ: AR
FECHA DE MUESTREO: 31 de octubre de 2019
TIPO DE MUESTREO: Puntual
PUNTO DE MUESTREO: Salida Filtro Laboratorio
IDENTIFICACIÓN MUESTRA: 19-AG5500
OBSERVACIONES: Muestra tomada por el cliente y enviada al laboratorio

Variable	Unidad	Método	Fecha Análisis	Resultados	Incertidumbre
Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	mg/L O ₂	SM 5210 B, 4500-O C Incubación Modificación de Azida	2019-10-31	73,1	±2.2661
Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L O ₂	SM 5220 C, Volumétrico, Reflujo Cerrado	2019-10-31	199,6	±13.972
Grasas y aceites	mg/L	SM 5520 D, Extracción Soxhlet	2019-11-05	30,6	±1.0717

SM: "STANDARD METHODS For The Examination Of Water And Wastewater" 23RD EDITION, 2017. AR-Agua Residual(Tratada).

NOTA 1: Los resultados que se relacionan en este informe corresponden únicamente a la muestra analizada.

NOTA 2: La reproducción total o parcial de este informe deberá ser autorizada por el Laboratorio Quimicontrol Ltda.

NOTA 3: Las muestras serán eliminadas treinta (30) días después de haber sido recibidas.

NOTA 4: Incertidumbre expandida para un nivel de confianza del 95,45 % con un factor K=2.

**RESULTADOS VÁLIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA
PROHIBIDA TODA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACIÓN DEL LABORATORIO**

Km 2.5 Autopista Medellín, Km 1.3 Vía Parcelas de Cota. Conjunto de Bodegas AEPI Bodega 3a. Tel: 5190385 Ext 106
E-mail: contactenos@hidrolab.com.co Página Web: www.hidrolab.com - Cota., Colombia

INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

INFORME 2 C1256
29 de noviembre de 2019

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Señora
Alison Melo Torres
Teléfono:3013161828
Dirección:Calle 11 B Bis A # 78-23
Bogotá, D.C.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

ORDEN DE SERVICIO: 9548
FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 15 de noviembre de 2019
MATRIZ: AR
FECHA DE MUESTREO: 14 de noviembre de 2019
TIPO DE MUESTREO: Puntual
PUNTO DE MUESTREO: Vertimiento Final (filtros)
IDENTIFICACIÓN MUESTRA: 19-AG6018
OBSERVACIONES: Muestra tomada por el cliente y enviada al laboratorio

Variable	Unidad	Método	Fecha Análisis	Resultados	Incertidumbre
Fenoles	mg/L	SM 5530 B, C, Destilación - Extracción con cloroformo	2019-11-25	< 0,049	±0.0022

SM: "STANDARD METHODS For The Examination Of Water And Wastewater" 23RD EDITION, 2017. (<): Menor que límite de cuantificación del método. AR:Agua Residual(Tratada).

NOTA 1: Los resultados que se relacionan en este informe corresponden únicamente a la muestra analizada.

NOTA 2: La reproducción total o parcial de este informe deberá ser autorizada por el Laboratorio Quimicontrol Ltda.

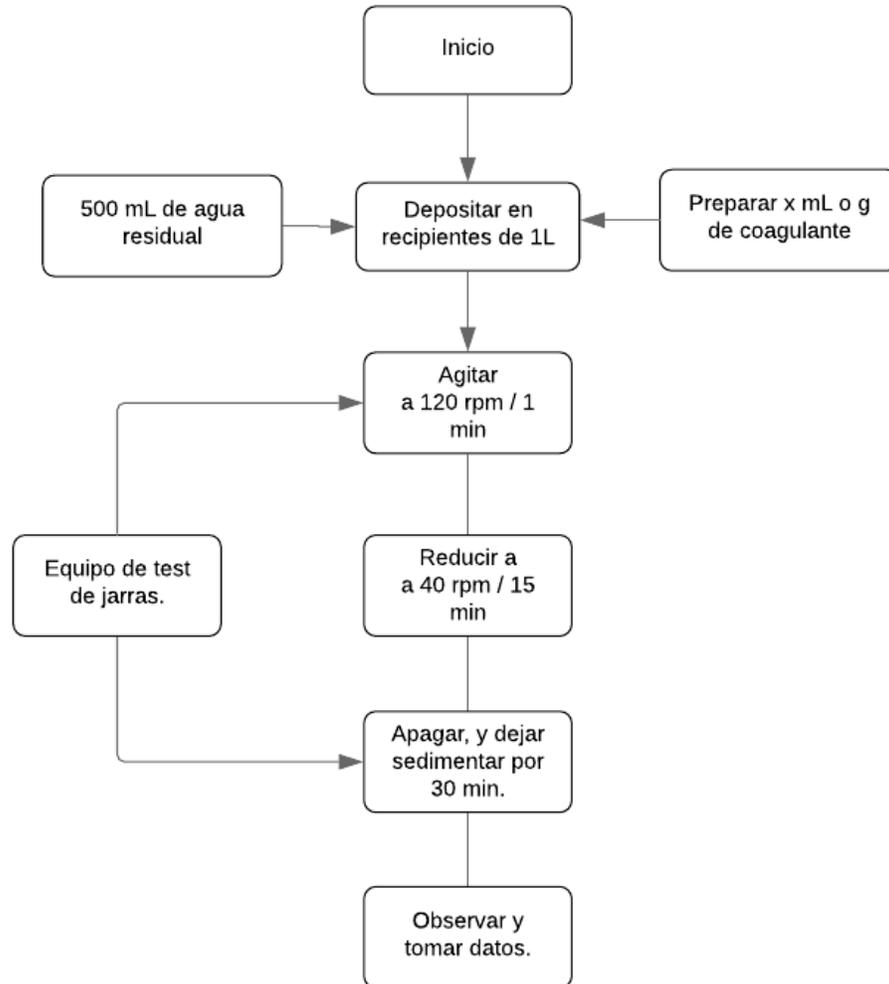
NOTA 3: Las muestras serán eliminadas treinta (30) días después de haber sido recibidas.

NOTA 4: Incertidumbre expandida para un nivel de confianza del 95,45 % con un factor K=2.

Este informe NO es válido para impresión ni almacenamiento sin firma original de las personas autorizadas por el Laboratorio.

ANEXO C. PROCEDIMIENTO TEST DE JARRAS

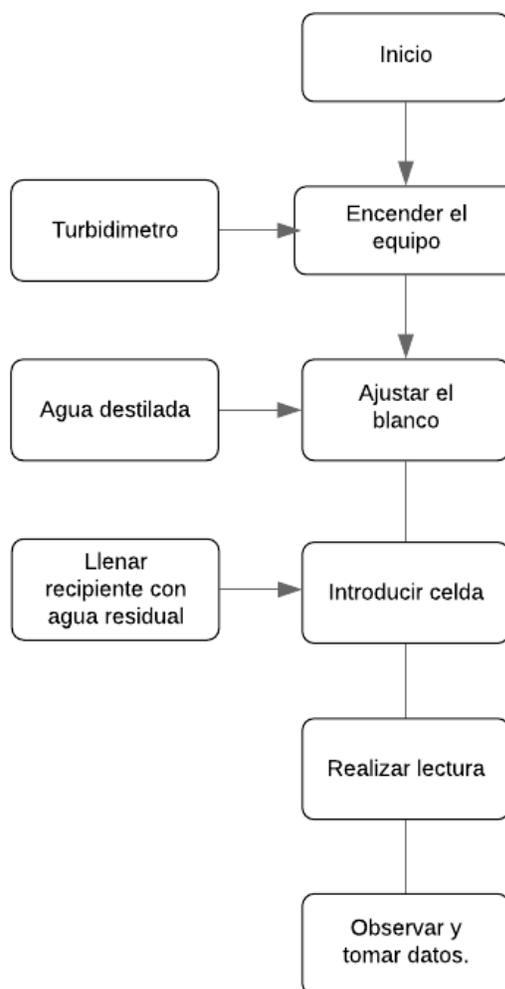
Diagrama 8. Test de jarras



Fuente: elaboración propia

ANEXO D. PROCEDIMIENTO MEDICIÓN DE TURBIDEZ

Diagrama 9. Medición turbidez.



Fuente: elaboración propia

**ANEXO E.
CANTIDAD DE MATERIAL FILTRANTE**

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = V * \rho$$

$$V_{\text{filtro}} = \text{Área} * \text{altura}$$

MATERIAL FILTRANTE	DENSIDAD (kg/m ³)
Carbón antracita ⁸⁰	860
Arena Sílice ⁸¹	1415
Carbón activado granular ⁸²	475

$$V = 0,0125 * 1.8 = 0,0225 \text{ m}^3$$

- Carbón antracita

$$m = 0,0225 \text{ m}^3 * 860 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 19,13 \text{ kg}$$

- Arena sílice

$$m = 0,0225 \text{ m}^3 * 1415 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 31,83 \text{ kg}$$

- Carbón activado granular

$$m = 0,0225 \text{ m}^3 * 475 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = 10,68 \text{ kg}$$

⁸⁰ <http://quimirod.com/productos/genericos/Genericos%20--%20ANTRACITA.pdf>

⁸¹ <http://www.euskatfund.com/es/arena-silice-27-3.html>

⁸² <http://www.luiscapdevila.es/backoffice/UploadFiles/P%C3%80G.16-FILTROS%20Y%20MANTAS.pdf>

ANEXO F. COTIZACIÓN DE EQUIPOS

COMERCIAL DE AGUAS Y SERVICIOS SAS	
<i>Tratamiento de aguas</i>	
NIT No.900.700.961-1	
Carrera 10 # 24 - 76 of. 205	
Tels: 3156123657 - 3188978894 - fax: 3004907	
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA	
ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS	CAS 0025

DATOS GENERALES			
Cotización No:	35	Contacto	Ing Allison Melo
OBJETO DE COTIZACION:	ELEMENTOS PARA SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA INDUSTRIAL Q=0,75 LPS/DIA		
CONTRATISTA:	COMERCIAL DE AGUAS Y SERVICIOS SAS		
CONTRATANTE:	ALLISON MELO		

DATOS ESPECIFICOS			
CAPITULO No.:		UNIDAD:	und
ITEM No.:		CANTIDAD:	1
DESCRIPCION ITEM:	ELEMENTOS PARA SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA INDUSTRIAL Q=0,75 LPS/DIA		

I. MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	VALOR UNITARIO
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE 1500 L FABRICADO EN PRFV (POLIESTER REFORZADO FIBRA DE VIDRIO)	UND	1,00	\$ 1.627.500	\$ 1.627.500
TRAMPA DE GRASAS TIPICA DE 1000 L FABRICDA EN AC INOX	UND	1,00	\$ 2.895.000	\$ 2.895.000
VALVULA 3 VIAS CON CANASTILLA	UND	2,00	\$ 612.500	\$ 1.225.000
MODULO PRFV (Poliester Reforzado en Fibra de vidrio) COMPACTO COAGULACION FLOCULACION (D. =1,2 X 1,6)	UND	1,00	\$ 3.925.600	\$ 3.925.600
KIT DE DOSIFICACION (BOMBA, CANECA, BREAKER)	UND	2,00	\$ 2.450.000	\$ 4.900.000
FILTRO EN PRFV DE 16 X 48"	UND	1,00	\$ 1.627.500	\$ 1.627.500
TUBERIAS DE INTERCONEXION Y VALVULAS	GLB	1,00	\$ 1.522.500	\$ 1.522.500
GRAVAS Y ARENAS	KG	50,00	\$ 1.890	\$ 94.500
TABLERO DE CONTROL	UND	1,00	\$ 1.627.200	\$ 1.627.200
CABLEADO INTERNO A TABLERO	UND	1,00	\$ 760.000	\$ 760.000
SUBTOTAL MATERIALES:				\$ 20.204.800

II. HERRAMIENTA Y EQUIPO

DESCRIPCION	MARCA	UNIDAD	VALOR UNITARIO	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
HERRAMIENTA MENOR		UND	20.204.800,00	0,05	\$ 1.010.240
					\$ -
SUBTOTAL HERRAMIENTA Y EQUIPO:					\$ 1.010.240

III. TRANSPORTE

MATERIAL	VOL ó PESO	DISTANCIA	M2 ó TON/KM	TARIFA	VALOR UNITARIO
TRANSPORTE		0,00	0,00	\$ 660.000	\$ 660.000
SUBTOTAL TRANSPORTE:					\$ 660.000

IV. MANO DE OBRA (incluye prestaciones sociales)

TRABAJADOR	JORNAL	PRESTAC.	JORNAL TOTAL	RENDIMIENTO	VALOR UNITARIO
CUADRILLA A HIDRAULICA	350.000,00	189.000,00	539.000,00	3,00	\$ 1.617.000
					\$ -
					\$ -
					\$ -
SUBTOTAL MANO DE OBRA:					\$ 1.617.000

COSTO DIRECTO TOTAL (ajustado al peso)		\$ 23.492.040
Administracion (5%)		\$ 1.174.602
Imprevisto (5%)		\$ 704.761
Utilidad (3%)		\$ 704.761
IVA	19%	\$ 133.905
TOTAL		\$ 26.210.069

OBSERVACIONES :

Para constancia de lo anterior, se firma la presente acta bajo la responsabilidad expresa de los que intervienen en ella, de conformidad con las funciones desempeñadas por cada uno de los mismos, a los _____ () días, del mes _____ del año _____.

FERNEY DAVID MARTINEZ
 GERENTE GENERAL
 COMERCIAL DE AGUAS Y SERVICIOS SAS
 CONTRANTISTA

 Ing Allison Melo
 REPRESENTANTE
 ALLISON MELO
 CONTRATANTE

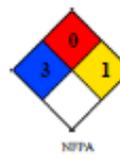
ANEXO G. HOJA DE SEGURIDAD SODA CAUSTICA (ESCAMAS)



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

Nombre del Producto: SODA CAUSTICA (EN ESCAMAS O PERLAS)

Fecha de Revisión: Febrero 2016. Revisión N°5



SAUD	3
INFLAMABILIDAD	0
PELIGRO FISICO	1
NOTIFICACION FISICA	X
HMIS	

SECCION 1 : IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑIA

PRODUCTO

Nombre Químico: HIDROXIDO DE SODIO, PELLETS - NaOH

Número CAS: 1310-73-2

Sinónimos: Soda cáustica en escamas o perlas.

COMPAÑIA: GTM

Teléfonos de Emergencia

México : +52 55 5831 7905– SETIQ 01 800 00 214 00
 Guatemala: +502 6628 5858
 El Salvador: +503 2251 7700
 Honduras: +504 2564 5454
 Nicaragua: +505 2269 0361 – Toxicología MINSA: +505 22897395
 Costa Rica: +506 2537 0010 – Emergencias 9-1-1. Centro Intoxicaciones +506 2223-1028
 Panamá: +507 512 6182 – Emergencias 9-1-1
 Colombia: +018000 916012 Cisproquim / (571) 2 88 60 12 (Bogotá)
 Perú: +511 614 65 00
 Ecuador: +593 2382 6250 – Emergencias (ECU) 9-1-1
 Argentina +54 115 031 1774
 Brasil: +55 21 3591-1868

SECCION 2 : COMPOSICION / INFORMACION SOBRE LOS INGREDIENTES

Ingrediente (s) Peligroso (s)	% (p/p)	TLV-TWA	CAS No.
Hidróxido de Sodio	> 98	2 mg/m ³ (1.2 ppm)	1310-73-2

SECCION 3 : IDENTIFICACION DE PELIGROS

Clasificación ONU:	Clase 8 Corrosivo		
Clasificación NFPA:	Salud: 3	Inflamabilidad: 0	Reactividad: 1
Clasificación HMIS:	Salud: 3	Inflamabilidad: 0	Físico: 1

EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

Inhalación: Irritante severo. La inhalación de polvo fino causa irritación y quemadura de nariz, garganta y tracto respiratorio superior. Una severa exposición puede producir neumonía química.

Ingestión: Ocasiona quemaduras a la boca, garganta y estómago. Disminuye la presión sanguínea. Los efectos pueden aparecer luego de algunas horas de la exposición.

Contacto con los ojos: Causa irritación y severas quemaduras. El daño puede ser permanente.

Contacto con la piel: Causa irritación a la piel, manchas rojas y puede llegar a severas quemaduras dependiendo de la exposición.

Efectos Agudos: Fuertemente corrosivo a todos los tejidos del cuerpo con el que entre en contacto. El efecto local en la piel puede consistir en áreas múltiples de destrucción superficial hasta profundas ulceraciones de la piel, tejidos del sistema respiratorio y/o digestivo.

Efectos Crónicos: Los efectos crónicos en una exposición local pueden consistir en múltiples áreas de destrucción superficial de la piel o de algunas dermatitis primarias irritantes. Así mismo la exposición a polvo o niebla puede resultar en varios grados de irritación o daño al tracto respiratorio y un aumento en la susceptibilidad a enfermedades respiratorias. Estos efectos crónicos ocurren solo cuando se exceden los límites máximos permisibles.

Nota Adicional: Repetida exposición puede causar dermatitis.

SECCION 4 : MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Contacto Ocular: Lave bien los ojos inmediatamente al menos durante 15 minutos, manteniendo los párpados separados para asegurar un lavado completo de la superficie del ojo. El lavado de los ojos durante los primeros segundos es esencial para asegurar una efectividad máxima como primer auxilio, pero luego debe acudir al médico.

Contacto Dérmico: Lave la piel inmediatamente con abundante agua y jabón por lo menos durante 15 minutos. Retira la ropa y zapatos contaminados. Lave la ropa antes de usarla nuevamente. Busque atención médica inmediata.

Inhalación: Trasladar a la víctima al aire fresco. Si la respiración es difícil, suministrar oxígeno por medio de una persona entrenada. Si la respiración se ha detenido, dar respiración artificial. Buscar atención médica inmediatamente.

Ingestión: ¡No induzca el vomito! Nunca administre nada por la boca, si la víctima esta inconsciente. Suministrar abundante agua (si es posible, administre varios vasos de leche). Si el vomito ocurre espontáneamente, mantenga libres las vías respiratorias. Mantenga a la persona en descanso y con temperatura corporal normal. Buscar atención médica inmediata.

Nota para el Médico: Realizar endoscopia en todos los casos en que se sospeche ingestión. En casos de severa corrosión de esófago, traquea, etc., considere el uso terapéutico de dosis de esteroides., monitoree constantemente el balance acido-base, electrolitos. Se requiere administrar líquido.

SECCION 5 : MEDIDAS PARA EXTINCION DE INCENDIOS

Peligro de incendio y/o explosión: Por si solo no presenta riesgo de incendio o explosión; caliente o fundido puede reaccionar violentamente con agua. Puede reaccionar con ciertos metales como el aluminio para generar gas hidrógeno inflamable.

Medio para Extinguir el Fuego: Si el fuego involucra el envase (fundas dobles de papel) utilice extintores de polvo químico seco (PQS) o de Dióxido de Carbono (CO₂). Use cualquier método adecuado para extinguir el fuego de los alrededores. Si es posible retire los envases expuestos al calor del fuego, y refrigérelos con lluvia muy fina de agua, pero evite lanzar agua directamente al producto, ya que generaría grandes cantidades de calor lo cual puede favorecer la combustión de otros materiales.

Información Especial: Los bomberos deben utilizar el traje completo de protección, equipo de respiración autónomo y traje aislante impermeable.

SECCION 6: MANEJO PARA FUGAS ACCIDENTALES

Aísle la zona. El personal de la brigada de emergencia debe contar con el equipo de protección nivel B. Recoja el material derramado en tambores vacíos y limpios (recuerde etiquetarlos); luego neutralice el material remanente con cualquier ácido inorgánico diluido. El área afectada debe ser lavada con abundante cantidad de agua. Prevenga la entrada de las aguas de lavado hacia vías navegables, alcantarillas o áreas confinadas, utilizando materiales absorbentes (arena o tierra seca). La disposición final de los residuos debe realizarse cumpliendo con lo dispuesto por la ordenanza ambiental local. Todas las herramientas y equipos usados deben ser descontaminados y guardados limpios para uso posterior.

SECCION 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Mantenga los recipientes herméticamente cerrados. Estibe las fundas o sacos, en arrumes de máximo tres metros de alto. No coloque los sacos o fundas directamente sobre pisos húmedos. Use ballets. Evite polvos contaminantes. Evite el daño físico a los empaques. Aísle las sustancias incompatibles. Almacene bajo techo, en lugar fresco, ventilado y con buen drenaje. No almacene este producto junto a materiales de rápida ignición. No mezcle con ácidos o materiales orgánicos. No almacene junto al aluminio o magnesio. Los sacos o fundas vacíos de este material pueden ser peligrosos por cuanto pueden tener residuos, además no deben ser limpiados para uso en otros propósitos temporales. Instale avisos de precaución donde informe los riesgos y la obligación de usar los equipos de protección personal. Se debe disponer de una ducha de emergencia y una estación lavajojos cerca al lugar de trabajo. Transporte en vehículos con plataforma cerrada. Siempre añada el hidróxido de sodio al agua, mientras agita, nunca lo contrario.

Nota Adicional: No comer, beber o fumar durante la manipulación de este producto.

Frases R: 35

Frases S: 1-2-26-37-39-45

SECCION 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

Ventilación: Se recomienda un sistema local para evacuar polvos que permita mantener el TLV bajo valores permisibles y a la vez controlar las emisiones contaminantes en la fuente misma, previniendo la dispersión general en el área de trabajo.

EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL

Respirador personal: Hasta 10 veces el TLV, usar pantalla facial y respirador con filtros para polvos (NIOSH Tipo N95). Para casos emergentes en que el nivel de exposición es desconocido, usar el equipo de respiración autónomo. **Advertencia:** Los respiradores de cartuchos no protegen a los trabajadores en atmósferas deficientes de oxígeno.

Protección de ojos: Utilice gafas plásticas de seguridad y en lugares con riesgo de salpicaduras de soluciones o presencia de niebla de polvo, usar mascarilla facial completa. Mantenga una ducha y una estación lavaojos en el sitio de trabajo.

Protección de la piel: Evite contacto con la piel. En condiciones normales de operación utilizar trajes completos de tela impermeable, incluyendo botas, chaqueta y casco protector. Para casos de emergencias utilice trajes de PVC, botas y guantes de caucho.

SECCION 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Apariencia u Color:	Pellets o flakes blancos delicuescentes
Punto de Fusión:	1390°C
Solubilidad en agua:	111 g/100g de agua
Densidad Relativa:	2.13
Calor de Solución:	Exotérmico
Peso Molecular:	105.9
pH (solución acuosa 0.5%):	13-14

SECCION 10 : ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad química: Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento (temperatura, ambiente, presión atmosférica, hermeticidad de empaque). Es muy higroscópico, con poca humedad del aire reacciona con el dióxido de carbono del aire para formar carbonato de sodio.

Incompatibilidad: En contacto con ácidos (por Ej. Clorhídrico, sulfúrico, nítrico, etc), peróxidos orgánicos y compuestos orgánicos nitrado y halógenos especialmente el tricloroetileno, puede reaccionar violentamente. En contacto con materiales como el zinc, aluminio, magnesio o titanio forma gas hidrogeno inflamable. El hidróxido de sodio ataca al cuero y a la lana y en solución reacciona con azúcares formando monóxido de carbono.

Productos de descomposición peligrosos: Oxidos de sodio. La descomposición por reacción con ciertos metales puede formar gas hidrógeno inflamable.

Condiciones a evitar: Calor, humedad, factores contaminantes, fuentes de ignición y productos incompatibles.

Polimerización Peligrosa: Con acroleína y acrilonitrilo.

SECCION 11 : INFORMACION TOXICOLOGICA

Datos agudos o críticos: Muy corrosivo, causa severas quemaduras, puede causar daño permanente a los ojos.

Dérmica: El daño severo que puede causar, depende de la manera en que se produce el contacto, la cantidad de producto que entra en contacto con el tejido y la duración del contacto, resultando desde una suave irritación a una severa quemadura.

Oral: De las pruebas en investigaciones de laboratorio, se concluye que la exposición oral a corto plazo en animales ha producido daño corrosivo severo al esófago incluyendo tejidos finos circundantes. En algunos casos, se dio la muerte del animal. Los animales sobrevivientes presentaron restricciones en las funciones del esófago.

Irritación de los ojos: La aplicación de una solución de NaOH al 1% produce necrosis en ¼ del área afectada de la cornea según la prueba estándar de Draize con conejos.

Irritación de la piel: El uso de 0.5 ml de una solución al 30% de NaOH produjo necrosis severa en 6/6 de los conejos sobre 4 horas. La solución al 30% produjo necrosis ulcerativa severa. El uso de 500 mg en una prueba estándar de Draize con los conejos, produjo daño severo a la piel sobre las 24 horas.

SECCION 12 : INFORMACION ECOLOGICA

No se tienen datos significativos de impactos de calidad de aire o suelos. En masas de agua puede variar el pH y con ello afectar la vida acuática.

El Hidróxido de Sodio liberado a la atmósfera se degrada rápidamente por reacciones con otras sustancias químicas.

En el agua, el Hidróxido de Sodio se separa en cationes de sodio (átomos de sodio con una carga positiva) y el anión hidróxido (átomos de hidrógeno y oxígeno cargados negativamente), lo que disminuye la acidez del agua.

Si se libera al suelo, una parte del Hidróxido de Sodio se separará en cationes de sodio y aniones de hidrógeno cuando entre en contacto con la humedad del suelo. Otra parte formará carbonato de sodio que es una sal neutra.

Se estima que este producto no es bioacumulable. Este material es inorgánico y no está sujeto a biodegradación.

SECCION 13 : CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICION

Método para Eliminación: En un recipiente adecuado, diluir con abundante agua y neutralizar con ácido clorhídrico muy diluido. Verter el producto resultante controlando el pH.

Clasificación: Producto corrosivo. (En función de la cantidad, concentración y forma de presentación del residuo).

SECCION 14 : INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

IMONo. ONU: 1823
Clase: 8
Grupo de Embalaje: II
Nombre: Hidróxido Sódico

SECCION 15 : INFORMACION REGLAMENTARIA

Esta hoja de seguridad cumple con la normativa legal de:

México: NOM-018-ST5-2000

Guatemala: Código de Trabajo, decreto 1441

Honduras: Acuerdo Ejecutivo No. ST55-053-04

Costa Rica: Decreto Nº 28113-S

Panamá: Resolución #124, 20 de marzo de 2001

Colombia: NTC 445 22 de Julio de 1998

Ecuador: NTE INEN 2 266:200

SECCION 16 : INFORMACION ADICIONAL

Clasificación HMIS: (Aplicable para usuarios que manipulen directamente el producto)

Nombre del Producto	PERSONAL PROTECTION ROLLS		DAÑOS AL MEDIO
SALUD	A	SPC + H&D + E	DAÑOS LEVES
	B	SPC + H&D	
INFLAMABILIDAD	C	SPC + H&D + E	DAÑOS MODERADOS
	D	SPC + H&D	
PELIGRO FISICO	E	SPC + H&D + E	DAÑOS SERIOS
	F	SPC + H&D	
PELIGRO A LA SALUD	A, B, C, D, E, F		DAÑOS GRAVES

La información indicada en ésta Hoja de Seguridad fue recopilada y respaldada con la información suministrada en las Hojas de Seguridad de los proveedores. La información relacionada con este producto puede ser no válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular. La información contenida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este material específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico. Esta no es intencionada como completa, incluso la manera y condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales.

CONTROL DE REVISIONES Y CAMBIOS DE VERSIÓN:

Febrero 2016. Se actualizó la información en la sección No.1.

ANEXO H. HOJA DE SEGURIDAD POLICLORURO DE ALUMINIO SÓLIDO



POLICLORURO DE ALUMINIO SÓLIDO
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
Revisión: mayo de 2017 – Versión: 3

SECCIÓN 1 - IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

1.1 Identificador del producto

Nombre del producto: POLICLORURO DE ALUMINIO SÓLIDO

1.2 Usos pertinentes identificados y usos desaconsejados

Recomendaciones de Uso: Flocculante para clarificación de aguas y efluentes.

1.3 Datos del proveedor de la Ficha de Datos de Seguridad

GTM México	Boulevard Benito Juárez #75 Col. San Mateo Cuauhtepoc, Tultitlán, Estado de México CP 54948.
GTM Guatemala S. A.	Km 26.4 carretera al Pacífico, Amatitlán, Guatemala
GTM El Salvador S. A.	Km 7 ½, Antigua Carretera Panamericana, Soyapango San Salvador
Grupo Transmerquim S. A. de C.V. (Honduras)	Bo. La Guardia, 33 calle, 2da Ave. Frente al IHCAFE, SO. San Pedro Sula, Honduras.
GTM Nicaragua S. A.	Cuesta del plomo, 800mts, Managua
GTM Costa Rica	Del servicentro Cristo Rey en Ochomogo de Cartago, 800 mts hacia el este. Costa Rica
GTM Panamá	Los Andes No.1, San Miguelito. Panamá, Panamá.
GTM Colombia S. A.	Carrera 46 No 91-7 Bogotá, Colombia.
GTM Perú S. A.	Av. Rep. de Panama 3535 Oficina 502 San Isidro. Perú
GTM Ecuador	Av. De los Shyris N32-218 y Eloy Alfaro, Ed. Parque Central, Of. 1207
GTM Argentina Comercio de Productos Químicos S.A.	Encarnación Ezcurra 385 – Piso 4 – Oficina C
GTM do Brasil	Puerto Madero, C.A.B.A – C1107CLA – Argentina Praia de Botafogo nº 228 / sala 610, Ala B, Botafogo. CEP 22250-040 Rio de Janeiro, RJ, Brasil

1.4 Teléfono de emergencias

México :	+52 55 5831 7905 – SETIQ 01 800 00 214 00
Guatemala:	+502 6628 5858
El Salvador:	+503 2251 7700
Honduras:	+504 2584 5454
Nicaragua:	+505 2269 0361 – Toxicología MINSA: +505 22897395
Costa Rica:	+506 2537 0010 – Emergencias 911. Centro Intoxicaciones +506 2223-1028
Panamá:	+507 512 6182 – Emergencias 911
Colombia:	+018000 916012 – Cisproquim / (571) 2 88 60 12 (Bogotá)
Perú:	+511 614 65 00
Ecuador:	+593 2382 6250 – Emergencias (ECU) 9-1-1
Argentina:	+54 11 4611 2007 – 0800 222 2933
Brasil:	+55 21 3591 1868

SECCIÓN 2 – IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

CLASIFICACIÓN según el Sistema Globalmente Armonizado

Toxicidad aguda, oral (Categoría 4)

Irritación cutánea (Categoría 2) – Irritación ocular (Categoría 2)

2.2 Elementos de la etiqueta

Pictograma:



Palabra de advertencia: **ATENCIÓN**

Indicaciones de peligro:

H302 - Nocivo en caso de ingestión.

H315 - Provoca irritación cutánea.

H319 - Provoca irritación ocular grave.

Consejos de prudencia:

P264 - Lavarse cuidadosamente después de la manipulación.

P270 - No comer, beber o fumar mientras se manipula este producto.

P280 - Usar guantes, ropa y equipo de protección para los ojos y la cara.

P301 + P312 - EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/médico si la persona se encuentra mal.

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

P305 + P351 + P338 - EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad.

Proseguir con el lavado.

P332 + P313 - En caso de irritación cutánea: consultar a un médico.

P337 + P313 - Si la irritación ocular persiste, consultar a un médico.

P362 - Quitar la ropa contaminada.

P501 - Eliminar el contenido/ recipiente conforme a la reglamentación nacional/ internacional.

2.3 Otros peligros

Ninguno.

SECCIÓN 3 - COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES

3.1 Sustancia

Cloruro de aluminio (CAS 1327-41-9): 100% - Acute Tox. 4; Skin Irrit. 2; Eye Irrit. 2

3.2 Mezcla

No aplica.

SECCIÓN 4 - PRIMEROS AUXILIOS

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Medidas generales:	Evite la exposición al producto, tomando las medidas de protección adecuadas. Consulte al médico, llevando la ficha de seguridad.
Inhalación:	Traslade a la víctima y procúrele aire limpio. Manténgala en calma. Si no respira, suminístrele respiración artificial. Llame al médico.
Contacto con la piel:	Lávese inmediatamente después del contacto con abundante agua y jabón, durante al menos 15 minutos. Qítense la ropa contaminada y lávela antes de reusar.
Contacto con los ojos:	Enjuague inmediatamente los ojos con agua durante al menos 15 minutos, y mantenga abiertos los párpados para garantizar que se aclara todo el ojo y los tejidos del párpado. Enjuagar los ojos en cuestión de segundos es esencial para lograr la máxima eficacia. Si tiene lentes de contacto, quítelas después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagándose los ojos. Consultar al médico.

Ingestión: NO INDUZCA EL VÓMITO. Enjuague la boca con agua. Nunca suministre nada oralmente a una persona inconsciente. Llame al médico. Si el vómito ocurre espontáneamente, coloque a la víctima de costado para reducir el riesgo de aspiración.

4.2 Principales síntomas y efectos, tanto agudos como retardados

Inhalación: La inhalación de polvos puede causar dolor de garganta y pecho, tos, dificultad para respirar.
Contacto con la piel: Puede provocar ligera irritación o enrojecimiento.
Contacto con los ojos: Causa ardor, irritación, enrojecimiento.
Ingestión: Puede producir irritación, náuseas, vómitos, diarrea.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente.

Nota al médico: Tratamiento sintomático. Para más información, consulte a un Centro de Intoxicaciones.

SECCIÓN 5 - MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

5.1 Medios de extinción

Usar el producto acorde a los materiales de los alrededores, ya que el producto no es combustible.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o mezcla

El producto no quema, pero sus embalajes pueden quemar aunque no se incendian fácilmente.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

5.3.1 Instrucciones para extinción de incendio:

Rocíe con agua los embalajes para evitar la ignición si fueron expuestos a calor excesivo o al fuego. Moje los embalajes si aun no fueron alcanzados por las llamas, de modo de contener el incendio aprovechando las propiedades no combustibles del producto.

5.3.2 Protección durante la extinción de incendios:

Utilice equipo autónomo de respiración. La ropa de protección estructural de bomberos provee protección limitada en situaciones de incendio ÚNICAMENTE; puede no ser efectiva en situaciones de derrames.

5.3.3 Productos de descomposición peligrosos en caso de incendio:

En caso de incendio puede desprender humos y gases irritantes y/o tóxicos, como monóxido de carbono, óxido de aluminio, cloruro de hidrógeno y otras sustancias derivadas de la combustión incompleta.

SECCIÓN 6 - MEDIDAS EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

6.1.1 Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada.

6.1.2 Para el personal de emergencias

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada. Ventilar inmediatamente, evitando la generación de nubes de polvo. No permitir la reutilización del producto derramado.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Contenga el sólido y cúbralo para evitar su dispersión. Prevenga que el producto llegue a cursos de agua.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Recoger el producto con pala y colocarlo en un recipiente apropiado. Barrer o aspirar evitando la dispersión del polvo. Puede ser necesario humedecerlo ligeramente. Limpiar o lavar completamente la zona contaminada. Disponer el agua y el residuo recogido en envases señalizados para su eliminación como residuo químico.

SECCIÓN 7 – MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Prohibido comer, beber o fumar durante su manipulación. Evitar contacto con ojos, piel y ropa. Lavarse después de manejar este producto.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento:	Almacenar en un área limpia, seca y bien ventilada. Proteger del sol. Mantener los recipientes cerrados.
Materiales de envasado:	el suministrado por el fabricante.
Productos incompatibles:	Teacciona con hipoclorito de calcio, ácidos y álcalis.

SECCIÓN 8 – CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

8.1 Parámetros de control

CMP (Res. MTESS 295/03):	2 mg/m ³ ; como Al
CMP-CPT (Res. MTESS 295/03):	N/D
CMP-C (Res. MTESS 295/03):	N/D
TLV-TWA (ACGIH):	1 mg/m ³ , como Al
TLV-STEL (ACGIH):	N/D
PEL (OSHA 29 CFR 1910.1000):	N/D
IDLH (NIOSH):	N/D
PNEC (agua):	N/D
PNEC (mar):	N/D
PNEC-STP:	N/D

8.2 Controles de exposición

8.2.1 Controles técnicos apropiados

Mantener ventilado el lugar de trabajo. La ventilación normal para operaciones habituales de manufacturas es generalmente adecuada. Campanas locales deben ser usadas durante operaciones que produzcan o liberen grandes cantidades de producto. En áreas bajas o confinadas debe proveerse ventilación mecánica. Disponer de duchas y estaciones lavaojos.

8.2.2 Equipos de protección personal

Protección de los ojos y la cara:	Se deben usar gafas de seguridad, a prueba de salpicaduras de productos químicos (que cumplan con la EN 166).
Protección de la piel:	Al manipular este producto se deben usar guantes protectores impermeables de PVC, nitrilo o butilo (que cumplan con las normas IRAM 3607-3608-3609 y EN 374), ropa de trabajo y zapatos de seguridad resistentes a productos químicos.
Protección respiratoria:	En los casos necesarios, utilizar protección respiratoria para polvo (P1). Debe prestarse especial atención a los niveles de oxígeno presentes en el aire. Si ocurren grandes liberaciones, utilizar equipo de respiración autónomo (SCBA).

SECCIÓN 9 – PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS**9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas**

Estado físico:	Sólido.
Color:	Ámbar
Olor:	suave.
Umbral olfativo:	N/D
pH:	2 - 4 (solución acuosa al 10%)
Punto de fusión / de congelación:	N/D
Punto / intervalo de ebullición:	N/D
Tasa de evaporación:	N/A
Inflamabilidad:	El producto no es inflamable ni combustible.
Punto de inflamación:	N/A
Límites de inflamabilidad:	N/A
Presión de vapor (20°C):	N/A
Densidad de vapor (aire=1):	N/A
Densidad (20°C):	0,85 g/cm ³
Solubilidad (20°C):	Soluble en agua (>300 g/l)
Coef. de reparto (logK _{ow}):	N/D
Temperatura de autoignición:	N/A
Temperatura de descomposición:	N/D
Viscosidad cinemática (cSt a 20°C):	N/D
Constante de Henry (20°C):	N/D
Log Koc:	N/D
Propiedades explosivas:	No explosivo. De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: en la molécula no hay grupos químicos asociados a propiedades explosivas.
Propiedades comburentes:	De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: la sustancia, por su estructura química, no puede reaccionar de forma exotérmica con materias combustibles.

9.2 Información adicional

Otras propiedades:	Contenido de Al ₂ O ₃ : > 30 %
--------------------	--

SECCIÓN 10 – ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**10.1 Reactividad**

No se espera que se produzcan reacciones o descomposiciones del producto en condiciones normales de almacenamiento. No contiene peróxidos orgánicos. Puede ser corrosivo para los metales. No reacciona con el agua.

10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable y no requiere estabilizantes.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

No se espera polimerización peligrosa.

10.4 Condiciones que deben evitarse

Evitar altas temperaturas y humedad.

10.5 Materiales incompatibles

Reacciona con hipoclorito de calcio, ácidos y álcalis.

10.6 Productos de descomposición peligrosos

En caso de calentamiento puede desprender vapores irritantes y tóxicos. En caso de incendio, ver la Sección 5.

SECCIÓN 11 – INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA**11.1 Información sobre los efectos toxicológicos**

Toxicidad aguda:	DL50 oral (rata, OECD 401): 681 mg/kg DL50 oral (ratón, OECD 401): 316 mg/kg ETA-DL50 der (conejo, calc.): > 2000 mg/kg ETA-CL50 inh. (rata, 4hs., calc.): > 5 mg/l
Iritación o corrosión cutáneas:	Iritación dérmica (conejo, estim.): irritante
Lesiones o irritación ocular graves:	Iritación ocular (conejo, estim.): irritante
Sensibilización respiratoria o cutánea:	Sensibilidad cutánea (cobayo, estim.): no sensibilizante Sensibilidad respiratoria (cobayo, estim.): no sensibilizante

Mutagenicidad, Carcinogenicidad y toxicidad para la reproducción:

No se dispone de información sobre ningún componente de este producto, que presente niveles mayores o iguales que 0,1%, como carcinógeno humano probable, posible o confirmado por la IARC (Agencia Internacional de Investigaciones sobre Carcinógenos).

Efectos agudos y retardados:

Vías de exposición: Inhalatoria, contacto dérmico y ocular.

Inhalación: La inhalación de polvos puede causar dolor de garganta y pecho, tos, dificultad para respirar.

Contacto con la piel: Puede provocar ligera irritación o enrojecimiento.

Contacto con los ojos: Causa ardor, irritación, enrojecimiento.

Ingestión: Puede producir irritación, náuseas, vómitos, diarrea.

SECCIÓN 12 – INFORMACIÓN ECOLÓGICA**12.1 Toxicidad**

Puede afectar al medio ambiente por variación de pH a valores extremos

CL50 (O. mykiss, OECD 203, 48 h): N/D

CE50 (D. magna, OECD 202, 48 h): N/D

CE50 (P. subcapitata, OECD 201, 48 h): N/D

CE50 (T. pyriformis, OECD 209, 48 h): N/D

CSEO (D. rerio, OECD 204, 14 d): N/D

CSEO (D. magna, OECD 211, 14 d): N/D

12.2 Persistencia y degradabilidad

BIODEGRADABILIDAD (-): El producto es inorgánico.

12.3 Potencial de bioacumulación

Log K_{ow} : N/D
 BIOACUMULACIÓN EN PECES – BCF (OCDE 305): N/D

12.4 Movilidad en el suelo

Log K_{oc} : N/D
 CONSTANTE DE HENRY (20°C): N/D

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

El criterio de PBT y mPmB de REACH no aplica a sustancias inorgánicas.

12.6 Otros efectos adversos

AOX y contenido de metales: No contiene halógenos orgánicos ni metales pesados.

SECCIÓN 13 – CONSIDERACIONES PARA DESECHO

Tanto el sobrante de producto como los envases vacíos deberán eliminarse según la legislación vigente en materia de Protección del Medio ambiente y en particular de Residuos Peligrosos (Ley Nacional N° 24.051 y sus reglamentaciones). Deberá clasificar el residuo y disponer del mismo mediante una empresa autorizada. Procedimiento de disposición: tratamiento de aguas residuales.

SECCIÓN 14 – INFORMACIÓN PARA EL TRANSPORTE**14.1 TRANSPORTE TERRESTRE**

Nombre Apropriado para el Transporte:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
N° UN/ID:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Clase de Peligro:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Grupo de Embalaje:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Código de Riesgo:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Cantidad limitada y exceptuada:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

14.2 TRANSPORTE AÉREO (ICAO/IATA)

Nombre Apropriado para Embarque:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
N° UN/ID:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Clase de Peligro:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Grupo de Embalaje:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Instrucciones para aviones de pasajeros y carga:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Instrucciones para aviones de carga:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
CRE:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Disposiciones especiales:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

14.3 TRANSPORTE MARÍTIMO (IMO)**Transporte en embalajes de acuerdo al Código IMDG**

Nombre Apropriado para el Transporte:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
UN/ID N°:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Clase de Peligro:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Grupo de Embalaje:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
EMS:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

Estiba y Segregación:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Contaminante Marino:	NO
Nombre para la documentación de transporte:	NOT CLASSIFIED AS A DANGEROUS GOODS

SECCIÓN 15 – INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN

Sustancia no peligrosa para la capa de ozono (1005/2009/CE).
Contenidos orgánicos volátiles de los compuestos (COV) (2004/42/CE): N/D

SECCIÓN 16 – OTRAS INFORMACIONES

16.1 Abreviaturas y acrónimos

N/A: no aplicable.	REL: Límite de Exposición Recomendada.
N/D: sin información disponible.	PEL: Límite de Exposición Permitido.
CAS: Servicio de Resúmenes Químicos	INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
IARC: Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer	ETA: estimación de la toxicidad aguda.
ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.	DL ₅₀ : Dosis Letal Media.
TLV: Valor Límite Umbral	CL ₅₀ : Concentración Letal Media.
TWA: Media Ponderada en el tiempo	CE ₅₀ : Concentración Efectiva Media.
STEL: Límite de Exposición de Corta Duración	CI ₅₀ : Concentración Inhibitoria Media.
]: Cambios respecto a la revisión anterior.

16.2 Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos

Esta hoja de seguridad cumple con la normativa nacional expresada:

México: NOM-018-ST5-2000, NMX-R-019-SCFI-2011 y ACUERDO-NOM-018-DOF-060913.
Guatemala: Código de Trabajo, decreto 1441
Honduras: Acuerdo Ejecutivo No. STSS-053-04
Costa Rica: Decreto N° 28113-S
Panamá: Resolución #124, 20 de marzo de 2001
Colombia: NTC 445, 22 de Julio de 1998
Ecuador: NTE INEN 2 266:200

Reglamento (CE) 1272/2008 sobre Clasificación, etiquetado y envasado de las sustancias químicas y sus mezclas, y sus modificatorias.
Reglamento (CE) 1907/2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), y sus modificatorias.
Dir. 91/689/CEE de residuos peligrosos y Dir. 91/156/CEE de gestión de residuos.
Acuerdo europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías peligrosas por carretera (ADR 2015).
Reglamento relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (RID 2015).
Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG 34 ed.), IMO, Resolución MSC 90/28/Add.2.
Código IBC/MARPOL, IMO, Resolución MEPC 64/23/Add.1.
Regulaciones de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA 56 ed., 2015) relativas al transporte de mercancías peligrosas por vía aérea.
Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos, quinta edición revisada, 2015 (SGA 2015).
International Agency for Research on Cancer (IARC), clasificación de carcinógenos. Revisión: 23/03/2015.

16.3 Clasificación y procedimiento utilizado para determinar la clasificación de la mezcla

Procedimientos de acuerdo al SGA/GHS Rev. 5.
La clasificación se ha efectuado en base a análogos químicos y a información del producto.
SECCIÓN 2: clasificación por analogía con otros productos, y en base a datos del producto.
SECCIÓN 9: datos del producto.
Inflamabilidad: conforme a datos de ensayos.
SECCIÓN 11 y 12: analogía con otros productos.
Toxicidad aguda: método de cálculo de estimación de toxicidad aguda.

Clasificación NFPA 704

Clasificación HMIS®



SALUD	1
INFLAMABILIDAD	0
PELIGROS FÍSICOS	0
PROTECCIÓN PERSONAL	B

PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDADA	
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9

16.4 Exención de responsabilidad

La información indicada en esta Hoja de Seguridad fue recopilada e integrada con la información suministrada en las Hojas de Seguridad de los proveedores de materia prima. La información relacionada con este producto puede variar, si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular en procesos específicos. La información contenida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este producto específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico capacitado. Esta hoja de seguridad no pretende ser completa o exhaustiva, incluso la manera y condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales no contempladas en este documento.

16.5 Control de cambios

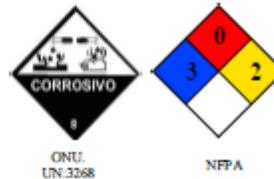
mayo de 2017 Se crea la FDS según el Sistema Globalmente Armonizado.

ANEXO I. HOJA DE SEGURIDAD CLORURO FÉRRICO



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

Nombre del Producto: **CLORURO FERRICO 96%**
 Fecha de Revisión: Agosto 2014. Revisión N°3



SECCION 1 : IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

PRODUCTO

Nombre Químico: CLORURO FERRICO 96% - FeCl3
Número CAS: 7705-08-0
Sinónimos: Cloruro férrico anhidro, cloruro de hierro, tricloruro de hierro

COMPAÑÍA: GTM

Teléfonos de Emergencia

México : +55 5831 7905 – SETIQ 01 800 00 214 00
 Guatemala: +502 66285858
 El Salvador: +503 22517700
 Honduras: +504 2540 2520
 Nicaragua: +505 2269 0361 – Toxicología MINSA: +505 22897395
 Costa Rica: +506 25370010 – Emergencias 9-1-1. Centro Intoxicaciones +506 2223-1028
 Panamá: +507 5126182 – Emergencias 9-1-1
 Colombia: +018000 916012 Cisproquim / (571) 2 88 60 12 (Bogotá)
 Perú: +511614 65 00
 Ecuador: +593 2382 6250 – Emergencias (ECU) 9-1-1
 Argentina +54 115031 1774

SECCION 2 : COMPOSICION / INFORMACION SOBRE LOS INGREDIENTES

CLORURO FERRICO 96% CAS: 7705-08-0 96-100%

SECCION 3 : IDENTIFICACION DE PELIGROS

Clasificación ONU: Clase 8 Corrosivo
Clasificación NFPA: Salud: 3 Inflamabilidad: 0 Reactividad: 2

Descripción general de emergencia: ¡Peligro! Corrosivo. Causa quemaduras en cualquier zona de contacto. Nocivo por ingestión o inhalación. Afecta el hígado.

EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

Inhalación:	Extremadamente destructivo para los tejidos de las membranas mucosas y tracto respiratorio superior. Los síntomas pueden incluir sensación de quemazón, tos, sibilancia, laringitis, respiración entrecortada, dolor de cabeza, náuseas y vómitos.
Ingestión:	Corrosivo. La ingestión puede causar quemaduras severas de la boca, la garganta y estómago. Puede causar dolor de garganta, vómitos, diarrea. Baja toxicidad en pequeñas cantidades, pero grandes dosis (30 mg / kg) puede causar náuseas, vómitos y diarrea. Pink decoloración de la orina es un fuerte indicador de la intoxicación por hierro. Daño al hígado, coma y la muerte pueden seguir, a veces se retrasa hasta tres días.
Contacto con la piel:	Corrosivo. Produce enrojecimiento, dolor, y quemaduras graves.
Contacto con los ojos:	Corrosivo. El contacto puede causar visión borrosa, enrojecimiento, dolor y quemaduras severas de tejidos.
La exposición crónica:	La ingestión repetida puede causar daño hepático. La exposición prolongada de los ojos puede causar decoloración.

SECCION 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación:	Sacar a la víctima al aire fresco. Si no respira, dar respiración artificial. Si la respiración es difícil, dar oxígeno. Obtener atención médica inmediatamente.
Ingestión:	Si se ingiere, NO inducir el vómito. Dé grandes cantidades de agua. No dar nada por la boca a una persona inconsciente. Obtener atención médica inmediatamente.
Contacto con la piel:	Lavar la piel inmediatamente con abundante agua durante al menos 15 minutos mientras se quita la ropa y zapatos contaminados. Obtener atención médica inmediatamente. Lave la ropa antes de usarla nuevamente. Limpie completamente los zapatos antes de volver a usarlos.
Contacto con los ojos:	Lavar los ojos inmediatamente con abundante agua durante al menos 15 minutos, elevando los párpados superior e inferior ocasionalmente para asegurar la remoción del químico. Obtener atención médica inmediatamente.

SECCION 5: MEDIDAS PARA EXTINCION DE INCENDIOS

Fuego: No se considera un riesgo de incendio. Vapores irritantes el cloruro de hidrógeno se pueden formar en el fuego.

Explosión: No se considera un riesgo de explosión.

Medios de extinción de incendios: Agua, polvo químico seco, espuma o bióxido de carbono. No permitir el escurrimiento de agua hacia las alcantarillas o cursos de agua.

Información Especial: En el caso de un fuego, use vestidos protectores completos y aprobados por NIOSH y equipo autónomo de respiración con mascarilla completa operando en la demanda de presión u otro modo de presión positiva.

SECCION 6: MEDIDAS PARA FUGAS ACCIDENTALES

Derrame pequeño: Utilice las herramientas adecuadas para poner el sólido derramado en un recipiente de eliminación de residuos. Si es necesario: Neutralizar el residuo con una solución diluida de carbonato de sodio.

Derrame grande: Corrosivo sólido. Detener la fuga si no hay riesgo. No introducir agua en los contenedores. No toque el material derramado. Utilice pulverización de agua para reducir los vapores. Evite la entrada en alcantarillas, sótanos o áreas cerradas; si es necesario. Neutralizar el residuo con una solución diluida de carbonato de sodio. Tenga cuidado de que el producto no este presente en una concentración por encima de TLV.

SECCION 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Mantener en un recipiente cerrado herméticamente, almacene en un lugar fresco, seco y ventilado. Proteger contra daño físico. Aislar de sustancias incompatibles. Los contenedores de este material pueden ser peligrosos cuando están vacíos ya que retienen residuos del producto (polvo, sólidos); observar todas las advertencias y precauciones indicadas para el producto.

SECCION 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

Límites de Exposición:

ACGIH Threshold Limit Value (TLV): 1 mg/m³ (TWA) de sal de hierro soluble en Fe

Sistema de Ventilación: Un sistema de ventilación local y/o general es recomendado para las exposiciones de empleados por debajo de los Límites de Exposición Aérea. La extracción local es generalmente preferida porque se pueden controlar las emisiones del contaminante en su fuente, impidiendo la dispersión del mismo en el área de trabajo general.

Respiradores Personales (Aprobados por NIOSH): Si el límite de exposición es excedido y los controles de ingeniería no son factibles, un respirador de partículas de media máscara (NIOSH tipo

N95 o mejores filtros) deberá ser usado hasta por diez veces el límite de exposición o la concentración máxima de uso especificada por la agencia reguladora apropiada o el proveedor del respirador, lo que sea más bajo. Un respirador de máscara completa con filtro para polvo/niebla (filtros de NIOSH tipo N100) puede usarse hasta 50 veces el límite de exposición o la concentración máxima de uso especificada por la agencia reguladora apropiada o el proveedor del respirador, lo que sea más bajo. Si las partículas de aceite (por ejemplo, lubricantes, los fluidos de corte, glicerina, etc.) están presentes, use un NIOSH tipo R o un filtro P. Para emergencias o casos donde los niveles de exposición no son conocidos, use un respirador que cubra toda la cara, de presión positiva y abastecido por aire. **ADVERTENCIA:** Los respiradores purificadores de aire no protegen a los trabajadores en atmósferas deficientes de oxígeno.

Protección de la piel: Usar guantes de protección y ropa limpia que cubra el cuerpo.

Protección de los ojos: Mantenga una fuente de lavado de ojos y regaderas de emergencia en el área de trabajo. Utilice gafas protectoras contra productos químicos y/o careta completa donde el polvo o salpicaduras de soluciones es posible.

SECCION 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Aspecto: Amarillo cristales deliquescentes de color marrón.

Olor: Ligero olor a ácido clorhídrico.

Solubilidad: Soluble en agua.

Densidad: 2,90 @ 25C/4C

pH: No se encontró información.

% De Volátiles por Volumen @ 21C (70F): 0

Punto de ebullición: No se encontró información.

Punto de fusión: 37 ° C (99F)

Densidad de vapor (Aire = 1): No se encontró información.

Presión de Vapor (mm Hg): 1.1 @ 194C (381F)

Tasa de evaporación (BuAc = 1): No se encontró información.

SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad: Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento.

Productos de descomposición peligrosos: Emite gases tóxicos de cloruro cuando se calienta hasta la descomposición.

Polimerización peligrosa: Esta sustancia no polimeriza.

Incompatibilidades: Metales, cloruro de alilo, sodio, potasio. Va a reaccionar con el agua para producir humos tóxicos y corrosivos.

Condiciones a evitar: Incompatibles.

SECCION 11: INFORMACION TOXICOLOGICA

DL50 oral en ratas: 316 mg / kg (anhidro); investigado como mutagénico, causante de efectos reproductivos.

SECCION 12: INFORMACION ECOLOGICA

Destino ambiental: No se encontró información.

Toxicidad Ambiental: 24 Hr bajo CL50 rayado (alevines): 6 mg/L (estático); 24 Hr bajo CL50 rayas (larvas): 4 mg / L (estático).

SECCION 13 :CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICION

Tratamientos de residuos:	Tratar según legislación vigente
Eliminación de envases:	Lavar y descartar según legislación vigente

SECCION 14 :INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

Nombre de embarque apropiado: SÓLIDO CORROSIVO, ácido, inorgánico, NEP (CLORURO FÉRRICO, 6-hidrato)

Clase de riesgo: 8

UN / NA: UN3260

Grupo de embalaje: III

SECCION 15 :INFORMACION REGLAMENTARIA

Esta hoja de seguridad cumple con la normativa legal de:

México: NOM-018-ST5-2000

Guatemala: Código de Trabajo, decreto 1441

Honduras: Acuerdo Ejecutivo No. ST55-053-04

Costa Rica: Decreto Nº 28113-S

Panamá: Resolución #124, 20 de marzo de 2001

Colombia: NTC 445 22 de Julio de 1998

Ecuador: NTE INEN 2 266:200

SECCION 16 :INFORMACION ADICIONAL

La información indicada en ésta Hoja de Seguridad fue recopilada y respaldada con la información suministrada en las Hojas de Seguridad de los proveedores. La información relacionada con este producto puede ser no válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular. La información contenida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este material específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico. Esta no es intencionada como completa, incluso la manera y condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales.

CONTROL DE REVISIONES Y CAMBIOS DE VERSIÓN:

Agosto 2014. Se actualizan las secciones 1, 15 y 16.

Página 5 de 5

ANEXO J. HOJA DE SEGURIDAD SULFATO DE ALUMINIO



SECCIÓN 1 - IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

1.1 Identificador del producto

Nombre del producto: SULFATO DE ALUMINIO

1.2 Usos pertinentes identificados y usos desaconsejados

Recomendaciones de Uso: Materia prima de uso industrial.

1.3 Datos del proveedor de la Ficha de Datos de Seguridad

GTM México	Boulevard Benito Juárez #75 Col. San Mateo Cuauhtepc, Tultitlán, Estado de México CP 54948.
Transmerquim de Guatemala S. A.	Km 26.4 carretera al Pacífico, Amatitlán, Guatemala
GTM El Salvador S. A.	Km 7 ½, Antigua Carretera Panamericana, Soyapango San Salvador
Grupo Transmerquim S. A. de C.V. (Honduras)	Bo. La Guardia, 33 calle, 2da Ave. Frente al IHCAFE, SO. San Pedro Sula, Honduras.
Transmerquim de Nicaragua S. A.	Cuesta del plomo, 800mts, Managua
GTM Costa Rica	Del servicio centro Cristo Rey en Ochomogo de Cartago, 800 mts hacia el este. Costa Rica
GTM Panamá	Los Andes No.1, San Miguelito. Panamá, Panamá.
GTM Colombia S. A.	Carrera 46 No 91-7 Bogotá, Colombia.
Transmerquim del Perú S. A.	Av. Rep. de Panama 3535 Oficina 502 San Isidro. Perú
GTM Ecuador	Av. De los Shyris N32-218 y Eloy Alfaro, Ed. Parque Central, Of. 1207
GTM Argentina	Encarnación Ezcurra 365 – Piso 4 – Oficina C
	Puerto Madero, C.A.B.A – C1107CLA – Argentina
GTM do Brasil	Praia de Botafogo nº 228 / sala 610, Ala B, Botafogo. CEP 22250-040
	Rio de Janeiro, RJ, Brasil

1.4 Teléfono de emergencias

México :	+52 55 5831 7905 – SETIQ 01 800 00 214 00
Guatemala:	+502 8628 5858
El Salvador:	+503 2251 7700
Honduras:	+504 2564 5454
Nicaragua:	+505 2289 0361 – Toxicología MINSA: +505 22897395
Costa Rica:	+506 2537 0010 – Emergencias 911. Centro Intoxicaciones +506 2223-1028
Panamá:	+507 512 6182 – Emergencias 911
Colombia:	+018000 916012 – Cisproquim / (571) 2 88 60 12 (Bogotá)
Perú:	+511 614 65 00
Ecuador:	+593 2382 6250 – Emergencias (ECU) 9-1-1
Argentina:	+54 11 4611 2007 – 0800 222 2933
Brasil:	+55 21 3591 1868

SECCIÓN 2 – IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

CLASIFICACIÓN según el Sistema Globalmente Armonizado

Lesiones oculares graves (Categoría 1)

Peligro para el medio ambiente acuático – peligro agudo (Categoría 1)

Peligro para el medio ambiente acuático – peligro a largo plazo (Categoría 2)



2.2 Elementos de la etiqueta

Pictograma:



Palabra de advertencia: PELIGRO

Indicaciones de peligro:

H318 - Provoca lesiones oculares graves.

H400 - Muy tóxico para los organismos acuáticos.

H411 - Tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Consejos de prudencia:

P273 - No dispersar en el medio ambiente.

P280 - Usar guantes, ropa y equipo de protección para los ojos y la cara.

P305 + P351 + P338 - EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad.

Proseguir con el lavado.

P391 - Recoger los vertidos.

P501 - Eliminar el contenido/ recipiente conforme a la reglamentación nacional/ internacional.

2.3 Otros peligros

El material no es corrosivo cuando está seco; es moderadamente corrosivo cuando se disuelve en agua.

SECCIÓN 3 - COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS COMPONENTES**3.1 Sustancia**

Sulfato de aluminio hexadecahidrato (CAS 16828-11-8): 85 - 90% - Eye Damage 1; Aquatic Acute 1; Aquatic Chronic 2

3.2 Mezcla

No aplica.

SECCIÓN 4 - PRIMEROS AUXILIOS**4.1 Descripción de los primeros auxilios**

Medidas generales:	Evite la exposición al producto, tomando las medidas de protección adecuadas. Consulte al médico, llevando la ficha de seguridad.
Inhalación:	Traslade a la víctima y procúrele aire limpio. Manténgala en calma. Si no respira, suminístrele respiración artificial. Si presenta dificultad respiratoria, suminístrele oxígeno. Llame al médico.
Contacto con la piel:	Lávese inmediatamente después del contacto con abundante agua, durante al menos 20 minutos. Quítese la ropa contaminada y lávela antes de reusar.
Contacto con los ojos:	Enjuague inmediatamente los ojos con agua durante al menos 20 minutos, y mantenga abiertos los párpados para garantizar que se aclara todo el ojo y los tejidos del párpado. Enjuagar los ojos en cuestión de segundos es esencial para lograr la máxima eficacia. Si tiene lentes de contacto, quítelas después de los primeros 5 minutos y luego continúe enjuagándose los ojos. Consultar al médico.
Ingestión:	NO INDUZCA EL VÓMITO. Enjuague la boca, y dé de beber agua. Nunca suministre nada oralmente a una persona inconsciente. Llame al médico. Si el vómito ocurre espontáneamente, coloque a la víctima de costado para reducir el riesgo de aspiración.

4.2 Principales síntomas y efectos, tanto agudos como retardados

Inhalación: puede causar irritación de las vías respiratorias, náuseas y dolor de cabeza.
Contacto con la piel: el contacto frecuente o prolongado puede producir irritación en la piel.
Contacto con los ojos: Irritante para los ojos.
Ingestión: Puede provocar irritación.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse Inmediatamente.

Nota al médico: Tratamiento sintomático. Para más información, consulte a un Centro de Intoxicaciones.

SECCIÓN 5 - MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS**5.1 Medios de extinción**

Usar polvo químico seco, espuma, arena o CO₂. Utilizar el producto acorde a los materiales de los alrededores. NO USAR chorros de agua directos.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o mezcla

El producto y sus embalajes que arden en espacios cerrados por períodos largos puede producir cantidades de monóxido de carbono que llegan al límite inferior de explosividad (monóxido de carbono LEL = 12,5% en el aire).

Bajo ciertas condiciones, cualquier polvo en el aire puede ser un riesgo de explosión.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios**5.3.1 Instrucciones para extinción de incendio:**

Rocíe con agua los embalajes para evitar la ignición si fueron expuestos a calor excesivo o al fuego. Retire los embalajes si aun no fueron alcanzados por las llamas, y puede hacerlo sin riesgo.

Enfríe los embalajes con agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido, removiendo los restos hasta eliminar los rescoldos.

Prevenga que el agua utilizada para el control de incendios o la dilución ingrese a cursos de agua, drenajes o manantiales.

5.3.2 Protección durante la extinción de incendios:

Utilice equipo autónomo de respiración. La ropa de protección estructural de bomberos provee protección limitada en situaciones de incendio ÚNICAMENTE; puede no ser efectiva en situaciones de derrames.

5.3.3 Productos de descomposición peligrosos en caso de incendio:

En caso de incendio puede desprender humos y gases irritantes y/o tóxicos, como óxidos de azufre y otras sustancias derivadas de la combustión incompleta.

SECCIÓN 6 - MEDIDAS EN CASO DE DERRAME ACCIDENTAL**6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia****6.1.1 Para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia**

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada.

6.1.2 Para el personal de emergencias

Evitar fuentes de ignición. Evacuar al personal hacia un área ventilada. Usar equipo de respiración autónoma y de protección dérmica y ocular. Usar guantes protectores impermeables. Ventilar inmediatamente, especialmente en zonas bajas donde puedan acumularse los vapores. No permitir la reutilización del producto derramado.

Tener en cuenta la información y recomendaciones de las secciones 5 y 7. Utilizar el equipo de protección recomendado en el punto 8.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

Se debe rociar cal sobre los residuos que queden después de recoger el material derramado, para evitar acidificación del suelo cuando haya corrientes de agua. Contenga el sólido y cúbralo para evitar su dispersión al ambiente. Prevenga que el producto llegue a cursos de agua.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Recoger el producto con pala y colocarlo en un recipiente apropiado. Barrer o aspirar evitando la dispersión del polvo. Puede ser necesario humedecerlo ligeramente. Limpiar o lavar completamente la zona contaminada. Disponer el agua y el residuo recogido en envases señalizados para su eliminación como residuo químico.

SECCIÓN 7 – MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO**7.1 Precauciones para una manipulación segura**

Prohibido comer, beber o fumar durante su manipulación. Evitar contacto con ojos, piel y ropa. Lavarse los brazos, manos, y uñas después de manejar este producto. El uso de guantes es recomendado. Facilitar el acceso a duchas de seguridad y lavaojos de emergencias.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento:	Almacenar en un área limpia, seca y bien ventilada. Proteger del sol. Mantener los recipientes cerrados.
Materiales de envasado:	el suministrado por el fabricante. Evitar utilizar acero al carbón.
Productos incompatibles:	Agentes oxidantes fuertes, ácidos y bases.

SECCIÓN 8 – CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL**8.1 Parámetros de control**

CMP (Res. MTESS 295/03):	N/D
CMP-CPT (Res. MTESS 295/03):	N/D
CMP-C (Res. MTESS 295/03):	N/D
TLV-TWA (ACGIH):	N/D
TLV-STEL (ACGIH):	N/D
PEL (OSHA 29 CFR 1910.1000):	N/D
IDLH (NIOSH):	N/D
PNEC (agua):	N/D
PNEC (mar):	N/D
PNEC-STP:	N/D

8.2 Controles de exposición**8.2.1 Controles técnicos apropiados**

Mantener ventilado el lugar de trabajo. La ventilación normal para operaciones habituales de manufacturas es generalmente adecuada. Campanas locales deben ser usadas durante operaciones que produzcan o liberen grandes cantidades de producto. En áreas bajas o confinadas debe proveerse ventilación mecánica. Disponer de duchas y estaciones lavaojos.

8.2.2 Equipos de protección personal

Protección de los ojos y la cara:	Se deben usar gafas de seguridad, a prueba de salpicaduras de productos químicos (que cumplan con la EN 166).
Protección de la piel:	Al manipular este producto se deben usar guantes protectores impermeables de PVC, nitrilo o butilo (que cumplan con las normas IRAM 3607-3608-3609 y EN 374), ropa de trabajo y zapatos de seguridad resistentes a productos químicos.

Protección respiratoria: En los casos necesarios, utilizar protección respiratoria para polvo (P2). Debe prestarse especial atención a los niveles de oxígeno presentes en el aire. Si ocurren grandes liberaciones, utilizar equipo de respiración autónomo (SCBA).

SECCIÓN 9 – PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Estado físico:	Sólido granular o polvo.
Color:	Blanco.
Olor:	débil.
Umbral olfativo:	N/D
pH:	3,5 ± 0,5
Punto de fusión / de congelación:	N/D
Punto / intervalo de ebullición:	115°C ± 5°C (239°F)
Tasa de evaporación:	N/D
Inflamabilidad:	El producto no es inflamable ni combustible.
Punto de inflamación:	N/D
Límites de inflamabilidad:	N/D
Presión de vapor (20°C):	N/D
Densidad de vapor (aire=1):	N/D
Densidad (25°C):	0,8 - 1,2 g/cm ³
Solubilidad (20°C):	45% en agua
Coef. de reparto (logK _{ow}):	N/D
Temperatura de autoignición:	N/D
Temperatura de descomposición:	650°C (1202°F), descompone antes de alcanzar el Punto de Ebullición.
Viscosidad cinemática (cSt a 20°C):	N/D
Constante de Henry (20°C):	N/D
Log Koc:	N/D
Propiedades explosivas:	No explosivo. De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: en la molécula no hay grupos químicos asociados a propiedades explosivas.
Propiedades comburentes:	De acuerdo con la columna 2 del Anexo VII del REACH, este estudio no es necesario porque: la sustancia, por su estructura química, no puede reaccionar de forma exotérmica con materias combustibles.

9.2 Información adicional

Otras propiedades:	Contenido de Aluminio: 9,0% Contenido de Hierro: 0,40% Contenido de Sulfatos: 47,1%
--------------------	---

SECCIÓN 10 – ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**10.1 Reactividad**

No se espera que se produzcan reacciones o descomposiciones del producto en condiciones normales de almacenamiento.

10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable y no requiere estabilizantes.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

No se espera polimerización peligrosa. No contiene peróxidos orgánicos.

10.4 Condiciones que deben evitarse

Evitar altas temperaturas. Proteger de la humedad.

10.5 Materiales incompatibles

Agentes oxidantes fuertes, ácidos y bases.

10.6 Productos de descomposición peligrosos

En caso de calentamiento puede desprender vapores irritantes y tóxicos. En caso de incendio, ver la Sección 5.

SECCIÓN 11 – INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA**11.1 Información sobre los efectos toxicológicos**

Toxicidad aguda:	DL50 oral (rata, OECD): > 9000 mg/kg ATE-LD50 der (conejo, calc.): > 2000 mg/kg ATE-LC50 inh. (rata, 4hs., calc.): > 5 mg/l
Irritación o corrosión cutáneas:	Irritación dérmica (conejo, calc.): no irritante
Lesiones o irritación ocular graves:	Irritación ocular (conejo, calc.): corrosivo
Sensibilización respiratoria o cutánea:	Sensibilidad cutánea (cobayo, calc.): no sensibilizante Sensibilidad respiratoria (cobayo, calc.): no sensibilizante

Mutagenicidad, Carcinogenicidad y toxicidad para la reproducción:

No se dispone de información sobre ningún componente de este producto, que presente niveles mayores o iguales que 0,1%, como carcinógeno humano probable, posible o confirmado por la IARC (Agencia Internacional de Investigaciones sobre Carcinógenos).

Efectos agudos y retardados:

Vías de exposición: Inhalatoria, contacto dérmico y ocular.

Inhalación: puede causar irritación de las vías respiratorias, náuseas y dolor de cabeza.

Contacto con la piel: el contacto frecuente o prolongado puede producir irritación en la piel.

Contacto con los ojos: Irritante para los ojos.

Ingestión: Puede provocar irritación.

SECCIÓN 12 – INFORMACIÓN ECOLÓGICA**12.1 Toxicidad**

LC50 (pez mosquito, OECD, 96 h): 235 mg/l
EC50 (D. magna, OECD, 48 h): 7,72 mg/l
EC50 (P. subcapitata, OECD, 48 h): 25 mg/l
EC50 (T. pyriformis, OECD, 48 h): 0,5 mg/l
EC50 (D. rerio, OECD, 14 d): 5,2 mg/l
EC50 (D. magna, OECD, 14 d): 0,55 mg/l

12.2 Persistencia y degradabilidad

BIODEGRADABILIDAD (estimado): El producto es inorgánico.

12.3 Potencial de bioacumulación

Log K_{ow} : N/D
BIOACUMULACIÓN EN PECES – BCF (OCDE 305): N/D

12.4 Movilidad en el suelo

Log K_{oc} : N/D
CONSTANTE DE HENRY (20°C): N/D

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

El criterio de PBT y mPmB de REACH no aplica a sustancias inorgánicas.

12.6 Otros efectos adversos

AOX y contenido de metales: No contiene halógenos orgánicos, pero contiene aluminio.

SECCIÓN 13 – CONSIDERACIONES PARA DESECHO

Tanto el sobrante de producto como los envases vacíos deberán eliminarse según la legislación vigente en materia de Protección del Medio ambiente y en particular de Residuos Peligrosos (Ley Nacional N° 24.051 y sus reglamentaciones). Deberá clasificar el residuo y disponer del mismo mediante una empresa autorizada. Procedimiento de disposición: tratamiento de aguas residuales, o disposición en relleno sanitario.

SECCIÓN 14 – INFORMACIÓN PARA EL TRANSPORTE**14.1 TRANSPORTE TERRESTRE**

Nombre Apropiado para el Transporte:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
N° UNID:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Clase de Peligro:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Grupo de Embalaje:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Código de Riesgo:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Cantidad limitada y exceptuada:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

14.2 TRANSPORTE AÉREO (ICAO/IATA)

Nombre Apropiado para Embarque:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
N° UNID:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Clase de Peligro:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Grupo de Embalaje:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Instrucciones para aviones de pasajeros y carga:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Instrucciones para aviones de carga:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
CRE:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

14.3 TRANSPORTE MARÍTIMO (IMO)

Transporte en embalajes de acuerdo al Código IMDG

Nombre Apropiado para el Transporte:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
UN/ID N°:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Clase de Peligro:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Grupo de Embalaje:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE

EMS:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Estiba y Segregación:	MERCANCÍA NO PELIGROSA PARA SU TRANSPORTE
Contaminante Marino:	NO
Nombre para la documentación de transporte:	NOT CLASSIFIED AS A DANGEROUS GOODS

SECCIÓN 15 – INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN

Sustancia no peligrosa para la capa de ozono (1005/2009/CE).
Contenidos orgánicos volátiles de los compuestos (COV) (2004/42/CE): N/D

SECCIÓN 16 – OTRAS INFORMACIONES

16.1 Abreviaturas y acrónimos

N/A: no aplicable.	REL: Límite de Exposición Recomendada.
N/D: sin información disponible.	PEL: Límite de Exposición Permitido.
CAS: Servicio de Resúmenes Químicos	INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
IARC: Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer	ETA: estimación de la toxicidad aguda.
ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.	DL ₅₀ : Dosis Letal Media.
TLV: Valor Límite Umbral	CL ₅₀ : Concentración Letal Media.
TWA: Media Ponderada en el tiempo	CE ₅₀ : Concentración Efectiva Media.
STEL: Límite de Exposición de Corta Duración	CI ₅₀ : Concentración Inhibitoria Media.
	I: Cambios respecto a la revisión anterior.

16.2 Principales referencias bibliográficas y fuentes de datos

Esta hoja de seguridad cumple con la normativa nacional expresada:

México: NOM-018-ST5-2000, NMX-R-019-SCFI-2011 y ACUERDO-NOM-018-DOF-060913.
Guatemala: Código de Trabajo, decreto 1441
Honduras: Acuerdo Ejecutivo No. STSS-053-04
Costa Rica: Decreto N° 28113-S
Panamá: Resolución #124, 20 de marzo de 2001
Colombia: NTC 445, 22 de Julio de 1998
Ecuador: NTE INEN 2 266:200

Reglamento (CE) 1272/2008 sobre Clasificación, etiquetado y envasado de las sustancias químicas y sus mezclas, y sus modificatorias.

Reglamento (CE) 1907/2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), y sus modificatorias.

Dir. 91/689/CEE de residuos peligrosos y Dir. 91/156/CEE de gestión de residuos.

Acuerdo europeo sobre Transporte Internacional de Mercancías peligrosas por carretera (ADR 2015).

Reglamento relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (RID 2015).

Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas (IMDG 34 ed.), IMO, Resolución MSC 90/28/Add.2.

Código IBC/MARPOL, IMO, Resolución MEPC 64/23/Add.1.

Regulaciones de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional (IATA 58 ed., 2015) relativas al transporte de mercancías peligrosas por vía aérea.

Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos, quinta edición revisada, 2015 (SGA 2015).

International Agency for Research on Cancer (IARC), clasificación de carcinógenos. Revisión: 23/03/2015.

16.3 Clasificación y procedimiento utilizado para determinar la clasificación de la mezcla

Procedimientos de acuerdo al SGA/GHS Rev. 5.

La clasificación se ha efectuado en base a análogos químicos y a información del producto.

SECCIÓN 2: clasificación por analogía con otros productos, y en base a datos del producto.

SECCIÓN 9: datos del producto.

Inflamabilidad: conforme a datos de ensayos.

SECCIÓN 11 y 12: analogía con otros productos.

Toxicidad aguda: método de cálculo de estimación de toxicidad aguda.

Clasificación NFPA 704



Clasificación HMIS®

SALUD	1
INFLAMABILIDAD	0
PELIGROS FÍSICOS	0
PROTECCIÓN PERSONAL	E

Identificación	Prevenir	Reaccionar
01	02	03
04	05	06
07	08	09
10	11	12
13	14	15
16	17	18
19	20	21
22	23	24
25	26	27
28	29	30
31	32	33
34	35	36
37	38	39
40	41	42
43	44	45
46	47	48
49	50	51
52	53	54
55	56	57
58	59	60
61	62	63
64	65	66
67	68	69
70	71	72
73	74	75
76	77	78
79	80	81
82	83	84
85	86	87
88	89	90
91	92	93
94	95	96
97	98	99
100	101	102

16.4 Exención de responsabilidad

La información indicada en esta Hoja de Seguridad fue recopilada e integrada con la información suministrada en las Hojas de Seguridad de los proveedores de materia prima. La información relacionada con este producto puede variar, si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular en procesos específicos. La información contenida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este producto específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico capacitado. Esta hoja de seguridad no pretende ser completa o exhaustiva, incluso la manera y condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales no contempladas en este documento.

16.5 Control de cambios

Agosto de 2016 Se crea la FDS según el Sistema Globalmente Armonizado.

