

DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA UN SISTEMA DE TRATAMIENTO
DEL AGUA RESIDUAL DE LA EMPRESA DE LÁCTEOS IBEL

LAURA MARCELA BULLA TRUJILLO
ELSA NATALIA TORRES NOVA

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2019

DESARROLLO DE UNA PROPUESTA PARA UN SISTEMA DE TRATAMIENTO
DEL AGUA RESIDUAL DE LA EMPRESA DE LÁCTEOS IBEL

LAURA MARCELA BULLA TRUJILLO
ELSA NATALIA TORRES NOVA

Proyecto integral de grado para optar al título de:
INGENIERO QUÍMICO

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BOGOTÁ D.C.
2019

Nota de Aceptación

Ing. Angie Tatiana Ortega Ramírez

Ing. Alexander Jiménez Rodríguez

Bogotá D.C., Agosto 2019

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente Institucional y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCIA PEÑA.

Vice-rector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA.

Vice-rectora Académica y de Posgrados

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS.

Decano Facultad de Ingeniería

Dr. JULIO CÉSAR FUENTES ARIZMENDI.

Director del Programa de Ingeniería Química

Ing. LEONARDO DE JESÙS HERRERA GUTIÉRREZ

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

DEDICATORIA

A mi madre, gracias a ella, a su constante apoyo culmine mis estudios y soy una persona de valores y principios. Agradezco a sus esfuerzos por educarme y brindarme lo necesario para ser una mejor persona cada día

A mi hermana, por ser un apoyo constante y guiarme cuando lo necesite.

A mi abuela, por ser mi segunda madre, criarme, y apoyarme en cada paso que doy

A mi padre, por ser un ejemplo para seguir, apoyarme cuando lo necesite y ser mi ángel guardián.

A mis tíos y demás familia por estar conmigo en cada instante, aconsejarme y apoyarme

Finalmente, mi compañera de trabajo, Natalia y a todos aquellos que me acompañaron a lo largo de la carrera y me guiaron cuando lo necesite.

Laura Marcela Bulla Trujillo

Esta meta que culmino va dedicada principalmente a Dios, por darme la fortaleza para no rendirme y permitirme llegar a este punto de mi vida, por las oportunidades, metas y sueños que he podido cumplir, en el camino siempre he contado con personas maravillosas apoyándome y dándome animo en todo momento.

El mayor agradecimiento a mi familia, por darme ese apoyo y amor incondicional durante todo el proceso, por estar en esos momentos difíciles. En especial a mis padres porque me han acompañado a lo largo de mi vida, son mi ejemplo a seguir, pero sobre todo enseñarme e inculcarme ser mejor persona y profesional cada día partiendo de la sencillez, respeto, responsabilidad, disciplina, tenacidad, valorando todo lo que nos rodea. Por último, a mi hermana por ser esa persona en la que puedo confiar y apoyarme en todas mis decisiones.

A mi compañera, gracias por depositar tu voto de confianza, trabajar juntas me ha hecho crecer como persona, a lo largo de estos años no solo conocí una compañera, sino encontré una amiga incondicional y una cómplice más, espero volver a trabajar juntas en un futuro, éxitos en este nuevo camino que emprenderás.

Finalmente, a todas esas personas que han estado apoyando este proceso, a mis profesores por compartir sus conocimientos, a mis amigos que han estado incondicionalmente a lo largo de mi vida en cada meta y sueño cumplido, hicieron de esta etapa una de las mejores.

Elsa Natalia Torres Nova

AGRADECIMIENTOS

Durante el desarrollo del proyecto, se contó con el apoyo de personas quienes aportaron conocimientos y experiencia para lograr solucionar obstáculos o brindar consejos haciendo posible la finalización de este, agradeciendo principalmente a:

La empresa de Lácteos IBEL por darnos la oportunidad de desarrollar el proyecto de grado, el tiempo otorgado, a los trabajadores y administrativos.

La Fundación Universidad de América por los conocimientos brindados a lo largo de la carrera y formarnos como profesionales integrales, así mismo, a los maestros presentes en la formación académica.

La ingeniera Elizabeth Torres quien fue nuestra orientadora, por su apoyo y seguimiento con el proyecto en la realización de mismo.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	22
INTRODUCCIÓN	23
OBJETIVOS	24
1. GENERALIDADES	25
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	25
1.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LAS TRES LÍNEAS	28
1.2.1 Proceso de producción de quesos	28
1.2.2 Proceso de producción de mantequilla	36
1.3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	38
1.3.1 Pretratamiento	39
1.3.2 Tratamiento primario	40
1.3.3 Tratamiento secundario	43
1.3.4 Tratamiento terciario	43
1.4 PARÁMETROS EVALUADOS EN LA NORMA	44
1.5 NORMATIVIDAD	45
2. DIAGNÓSTICO	47
2.1 FUENTES GENERADORAS DEL AGUA RESIDUAL	47
2.2 BALANCE HÍDRICO	48
2.2.1 Aspectos técnicos	48
2.2.2 Revisión del caudal total hídrico	49
2.2.3 Consumo de agua en la caldera	50
2.2.4 Consumo doméstico	50
2.2.5 Consumo en áreas de producción	51
2.2.6 Especificaciones del balance hídrico total	56
2.3 DISPOSICIÓN ACTUAL DEL VERTIMIENTO	57
2.4 REVISIÓN DE LA NORMATIVA VIGENTE	58
2.4.1 Parámetros de evaluación	58
2.4.2 Descripción del muestreo	58
2.4.3 Caracterización del agua	59
2.4.4 Análisis de los parámetros críticos	60
3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS DE LA EMPRESA IBEL	63
3.1 ALTERNATIVAS A IMPLEMENTAR	63
3.1.1 Parámetros a evaluar	63
3.2 ALTERNATIVAS PROPUESTAS	63
3.2.1 Grasas y aceites	64

3.2.2	pH	65
3.2.3	DBO (Demanda biológica de oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno)	65
3.2.4	Sólidos suspendidos totales	65
3.3	CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO	66
3.4	MATRIZ DE SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO	68
3.4.1	Grasas y aceites	69
3.4.2	DBO (Demanda biológica de oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno)	70
3.4.3	Sólidos suspendidos totales	71
3.4.4	Selección del sistema de tratamiento	72
3.6	MATRIZ DE SELECCIÓN DE REACTIVOS COAGULANTES	73
4.	DESARROLLO EXPERIMENTAL DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO	76
4.1	PRE EXPERIMENTACIÓN	76
4.1.1	Trampa de grasas	76
4.1.2	Neutralización	78
4.1.3	Coagulación y floculación: Test de jarras	79
4.1.4	Filtración	89
4.2	DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA PRE EXPERIMENTACION	90
4.3	EXPERIMENTACION	92
4.3.1	Trampa de grasas	92
4.3.2	Oxidación con peróxido de hidrógeno	92
4.3.5	Filtración	98
4.4	DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACION	99
5.	ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	101
5.1	CÁLCULOS PARA DIMENSIONES DE EQUIPOS	101
5.1.1	Trampa de grasas	101
5.1.2	Unidad de oxidación	102
5.1.3	Unidad de pH.	103
5.1.4	Tanque homogeneizador	103
5.1.5	Clarificador	106
5.1.6	Filtro109	
5.2	CÁLCULOS PARA DOSIFICACION DE REACTIVOS	113
5.2.1	Peróxido de hidrogeno	113
5.2.2	Hidróxido de sodio	113
5.2.3	Sulfato de aluminio	114
5.2.4	L-1547 M	114
5.3	UBICACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA	115
5.3.1	Diagrama de bloque del proceso.	115
5.3.2	Diagrama PFD del proceso	116

6.	ANÁLISIS DE COSTOS	118
6.1	COSTOS DE FABRICACIÓN	118
6.3	COSTO DE MULTAS	121
6.4	ESTUDIO FINANCIERO	125
6.4.1	Flujo de caja	125
6.4.2	Análisis de resultados respecto al flujo de caja	127
7.	CONCLUSIONES	128
8.	RECOMENDACIONES	129
	BIBLIOGRAFÍA	130
	ANEXOS	133

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Datos de parámetros generales del vertimiento de aguas no domesticas en la fabricación de lácteos	46
Tabla 2. Consumo de agua en lácteos IBEL en los últimos seis periodos	49
Tabla 3. Consumo de agua diario: personal fijo	50
Tabla 4. Consumo de agua diario: personal transitorio	51
Tabla 5. Muestreo del agua residual de la empresa de Lácteos IBEL	59
Tabla 6. Resultados de la caracterización de parámetros críticos del agua residual de la empresa de Lácteos IBEL.	59
Tabla 7. Comparación de resultados de la caracterización del agua residual con respecto a la normativa.	61
Tabla 8. Calificación de indicadores para la matriz de selección	68
Tabla 9. Matriz de selección para la alternativa en la remoción de grasas y aceites	69
Tabla 10. Matriz de selección para la alternativa en la remoción de DBO y DQO	70
Tabla 11. Matriz de selección para la alternativa en la remoción de SST	71
Tabla 12. Criterios para la ponderación en la matriz de selección	73
Tabla 13. Especificaciones técnicas de la trampa de grasas experimental	77
Tabla 14. Especificaciones Test de jarras 1	84
Tabla 15. Especificaciones Test de jarras 2	85
Tabla 16. Especificaciones Test de jarras 3	86
Tabla 17. Especificaciones Test de jarras 4	88
Tabla 18. Datos experimentales del filtro	90
Tabla 19. Muestreo del agua tratada a nivel laboratorio de la empresa de Lácteos IBEL	90
Tabla 20. Resultados de la caracterización de parámetros críticos del agua tratada experimentalmente de la empresa de Lácteos IBEL	91
Tabla 21. Comparacion de resultados	91
Tabla 22. Diseño filtro de carbón activado	99
Tabla 23. Muestreo del agua tratada a nivel laboratorio en la etapa de experimentación	99
Tabla 24. Resultados de la caracterización de parámetros críticos del agua tratada en la etapa de experimentación	100
Tabla 25. Comparación de resultados de la caracterización de parámetros críticos del agua tratada con respecto a la normativa	100
Tabla 26. Características de filtros múltiples para tratamiento de aguas residuales	110
Tabla 27. Costos de equipos	118
Tabla 28. Costo de reactivos	119
Tabla 29. Costos energéticos del sistema de bombeo	119
Tabla 30. Cálculo de Prestaciones sociales y sistema de seguridad social	121

Tabla 31. Indicadores de grado de afectación para evaluada	123
Tabla 32. Flujo de caja	126

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Producción de Lácteos IBEL	28
Cuadro 2. Etapas de generación de agua residual	48
Cuadro 3. Información técnica de contadores en el suministro de agua	49
Cuadro 4. Comparación de tratamientos de aguas en la industria láctea	64
Cuadro 5. Indicadores seleccionados en la viabilidad técnica	67
Cuadro 6. Indicadores seleccionados en la viabilidad operativa	67
Cuadro 7. Indicadores seleccionados en la viabilidad económica	68
Cuadro 8. Criterios de selección de reactivos coagulantes	73
Cuadro 9. Matriz de selección de coagulantes	74
Cuadro 10. Descripción de coagulantes	80
Cuadro 11. Descripción de floculantes	80
Cuadro 12. Parámetros para test de jarras	81
Cuadro 13. Índice de Willcomb	82
Cuadro 14. Resumen Ensayo Test de Jarras	84

LISTA DE GRAFICAS

	pág.
Gráfica 1. Efectividad en el proceso de oxidacion	94
Gráfica 2. Variacion de pH con la adición de NaOH	95
Gráfica 3. Comportamiento de pH en proceso de coagulación	97

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Ubicación satelital de la Fábrica de Lácteos IBEL	25
Figura 2. Planta primer piso IBEL	26
Figura 3. Planta segundo piso IBEL	27
Figura 4. Diagrama de bloques para la producción de quesos	29
Figura 5. Cantinas de transporte de leche cruda	30
Figura 6. Descremadora	31
Figura 7. Tanque de cuajado 1	31
Figura 8. Mesa de escurrido	32
Figura 9. Marmita 1	33
Figura 10. Moldeado de quesos.	33
Figura 11. Tajadora de quesos	34
Figura 12. Cuarto frío de almacenamiento 2	35
Figura 13. Máquina de prensado	36
Figura 14. Diagrama de bloques para la producción de mantequilla	37
Figura 15. Clasificación tratamientos de agua residual	38
Figura 16. Funcionamiento de una trampa de grasas convencional	40
Figura 17. Principio de funcionamiento de la coagulación	41
Figura 18. Comparación en la turbiedad de floculantes	42
Figura 19. Diagrama de procesos para el tratamiento de aguas	44
Figura 20. Balance de agua en el proceso inicial	53
Figura 21. Balance de agua para el proceso de producción de quesos	54
Figura 22. Balance de agua en la producción de mantequilla	55
Figura 23. Balance hídrico Lácteos IBEL.	57
Figura 24. Diagrama para la alternativa del sistema de tratamiento	72
Figura 25. Funcionamiento de la trampa de grasas experimental.	77
Figura 26. Neutralización del agua residual con NaOH.	78
Figura 27. Soluciones de coagulantes al 10 %	82
Figura 28. Soluciones de floculantes al 0,1 %	83
Figura 29. Test de jarras 1: Determinación del floculante	85
Figura 30. Test de jarras 2: Evaluación del cloruro férrico	86
Figura 31. Test de jarras 3: Evaluación del policloruro de aluminio	87
Figura 32. Test de jarras 4: Evaluación del sulfato de aluminio	88
Figura 33. Filtro natural con carbón activado, arena, grava y algodón	89
Figura 34. Diagrama para la alternativa de sistema de tratamiento	92
Figura 35. Dosificaciones experimentales método de oxidación	93
Figura 36. Soluciones de sulfato de aluminio al 1, 3 y 5 %	96
Figura 37. Agua tratada en el proceso de coagulación y floculación	97
Figura 38. Filtro de carbón activado	98
Figura 39. Diseño de trampa de grasas	102
Figura 40. Diseño del tanque homogeneizador	103
Figura 41. Diseño del clarificador	107

Figura 42. Diseño del filtro	110
Figura 43. Diagrama de bloques del proceso de tratamiento	116
Figura 44. Diagrama PFD del proceso de tratamiento	117

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Cálculo del caudal total correspondiente al consumo domestico	51
Ecuación 2. Cálculo del caudal promedio en áreas de producción	52
Ecuación 3. Caudal total en áreas de producción	55
Ecuación 4. Balance de materia respecto al agua generada en Lácteos IBEL	56
Ecuación 5. Cálculo del caudal total de agua en Lácteos IBEL	56
Ecuación 6. Formula general de disoluciones.	78
Ecuación 7. Cálculo del porcentaje de remoción	81
Ecuación 8. Cálculo del volumen de un tanque cilíndrico	104
Ecuación 9. Volumen teórico de un tanque	104
Ecuación 10. Cálculo del diámetro en el tanque	104
Ecuación 11. Potencia del agitador	106
Ecuación 12. Volumen de la sección cónica	107
Ecuación 13. Cálculo del área de filtración	112
Ecuación 14. Volumen del filtro	112
Ecuación 15. Cálculo del beneficio ilícito	121
Ecuación 16. Cálculo de la importancia de afectación	122
Ecuación 17. Cálculo del Grado de afectación	123
Ecuación 18. Factor de temporalidad	123
Ecuación 19. Multa	124
Ecuación 20. Indicador beneficio costo	127

LISTA DE ANEXOS

	pág.
ANEXO A. Parametros de la resolución 0631 de 2015 correspondientes al sector en las actividades de productos alimenticios y bebidas	134
ANEXO B. Tabla de datos llevados a cabo en la medición de caudales para el lavado de equipos en la empresa de Lácteos IBEL	136
ANEXO C. Caracterización inicial del agua residual industrial de la empresa de Lácteos IBEL	138
ANEXO D. Caracterización del agua residual industrial de la empresa de Lácteos IBEL tratada en la etapa de pre-experimentación realizada por Laboratorios QUIMICONTROL LTDA	140
ANEXO E. Caracterización del agua residual industrial de la empresa de Lácteos IBEL tratada en la etapa de experimentación realizada por Laboratorios QUIMICONTROL LTDA	142
ANEXO F. Hojas de seguridad de los reactivos floculantes usados en el desarrollo experimental proporcionados por la empresa LIPESA	144
ANEXO G. Hojas de seguridad de los reactivos floculantes usados en el desarrollo experimental proporcionados por la empresa LIPESA	151
ANEXO H. Datos tomados en laboratorio respecto a la experimentación para la realización de gráficas de neutralización, coagulación y oxidación	163
ANEXO I. Cotizaciones de equipos y reactivos	165

GLOSARIO

AGLOMERACION: acumulación de la materia contaminante para lograr su sedimentación.

AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL: agua generada luego de la utilización en un proceso industrial conteniendo contaminantes.

AGUA RESIDUAL TRATADA: agua generada luego de realizar un proceso de tratamiento

CARGA ORGANICA: “es el resultado del producto de la concentración media de DBO por el caudal medio determinado en el mismo sitio, expresado en kg/día”.¹

CLARIFICADOR: tanque que se encarga de la sedimentación de lodos, el cual puede ser circular con una terminación cónica o rectangular.

CUAJADO: este proceso se realiza la coagulación de la leche, teniendo en cuenta factores como son la temperatura y acidez, es el paso de estado líquido a sólido.

CUAJO: actúa como agente coagulante para la leche, donde por medio de una separación de la caseína de la fase líquida.

CUAJADA: es la caseína coagulada por la acción del cuajo. es lo que dará origen a la masa del queso. Se entiende como Masa del queso el producto obtenido de la elaboración del queso luego de transcurrido el periodo de maduración².

DAF: encargado de la separación de partículas en suspensión mediante la adición de aire disuelto en agua.

EFLUENTE: agua residual a la salida de un proceso.

HOMOGENIZACION: se encarga de la homogeneidad del proceso, es decir, mantener a la misma condición las propiedades en el agua a tratar.

¹ LOPEZ, María y MENDOZA Laura. Desarrollo de una propuesta de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales para la reducción de la DQO y DBO en la fábrica de chocolates triunfo s.a. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero químico. Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Bogotá D.C. 2018. p 23.

² BAIN, Ingrid. Etapas del proceso de elaboración de quesos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ciudad autónoma de Buenos Aires. p 4.

HOMOGENIZADOR: su función es homogenizar las sustancias que se encuentren presentes al momento de la adición de reactivos por medio de una agitación constante.

LODO: mezcla semilíquida que proviene de los tratamientos de agua, residuos sean líquidos o similares.

LODOS ACTIVADOS: masa floculante de microorganismos donde se encuentra presente la materia orgánica y materiales inorgánicos, su superficie es altamente activa con el fin de hacer una reducción de materiales coloidales.

MUESTRA COMPUESTA: agua residual la cual ha recibido algún tratamiento fisicoquímico.

MUESTRA PUNTUAL: agua residual sin ningún tipo de tratamiento fisicoquímico.

NTU: es la unidad nefelometría de la turbidez.

PLANTA DE TRATAMIENTO: sistema que se encarga del tratamiento de aguas residuales por medio de transformaciones físicas, químicas y biológicas llegando a la eliminación de contaminantes presentes.

SUERO: el suero de la leche es un subproducto líquido que se obtiene en el proceso de cuajado del queso, se encuentra presente sales, proteína, vitaminas, minerales, lactosa y algo de grasa.³

URUGA: es un subproducto graso que se tiene del proceso de elaboración de la mantequilla, se obtiene al eliminar la humedad presente de color amarillo.

VERTIMIENTO: disposición final del agua residual, ya sea al alcantarillado público u otro sistema de recolección.

³ BAIN, Ingrid. Etapas del proceso de elaboración de quesos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ciudad autónoma de Buenos Aires. p 5.

RESUMEN

La empresa de Lácteos IBEL genera un vertimiento directo de agua residual industrial al alcantarillado debido a que no se cuenta con un sistema de tratamiento. Con el fin de reducir el impacto ambiental se propone un sistema de tratamiento, para llevar a cabo el estudio de implementación se procede a realizar la descripción general de la empresa y su proceso productivo. A través del balance hídrico se determinó un vertimiento al alcantarillado de 8,5 m³/ día del cual se realizó el respectivo muestreo para conocer las condiciones del agua residual con base a cinco parámetros principales: pH, DBO, DQO, sólidos suspendidos totales, grasas y aceites encontrando el incumplimiento de estos según la resolución 0631 de 2015.

Con la respectiva revisión bibliográfica, se estudiaron los métodos de remoción de los contaminantes para ser evaluados a nivel experimental para elegir los reactivos y procesos óptimos.

Para dar cumplimiento a la normativa, se plantearon seis procesos: trampa de grasas, oxidación, neutralización, coagulación, floculación y filtración, obteniendo resultados favorables para cumplir con la normativa de vertimiento.

Acorde a las teorías y principios de diseño se realizó el escalonamiento industrial de los equipos establecidos teniendo en cuenta las especificaciones de la empresa y lo evaluado experimentalmente. Por último, se evaluó la viabilidad del proyecto teniendo en cuenta costos de inversión, operación e ingresos netos de la empresa mediante un indicador B/C, así mismo se hizo el estudio de las posibles multas si no se cumple con lo establecido por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Palabras clave. Agua residual industrial, industria láctea, tratamiento de aguas residuales, neutralización, coagulación, floculación, filtración.

INTRODUCCIÓN

Lácteos IBEL es una microempresa encargada de la producción de derivados lácteos principalmente quesos y mantequilla; está ubicada en Belén, Boyacá. Actualmente cuenta con nueve empleados fijos en planta los cuales laboran de domingo a domingo durante ocho horas diarias. El sector económico en el cual se encuentra es uno de los principales generadores de agua residual con alta carga contaminante, especialmente orgánica, debido a los procesos productivos llevados a cabo y las materias primas empleadas.

El consumo de agua se da principalmente en tres áreas: consumo doméstico, producción y funcionamiento de la caldera. El agua residual industrial se origina de los procesos de lavado y desinfección de equipos, moldes y utensilios, donde se acumula altas cantidades de agentes físicos, químicos y biológicos en cada una de las etapas del proceso.

Acorde al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y la Resolución 0631 de 2015, se establecen las condiciones permitidas para el vertimiento de aguas a nivel nacional en cada tipo de industria fijando cinco parámetros con valor máximo permisible siendo estos los más significativos.

La coagulación y floculación son los procesos más empleados en el tratamiento de aguas residuales industriales procedentes de la industria láctea debido a su alta remoción de carga orgánica y su bajo costo de implementación. Alternos a este tratamiento, la implementación de tratamientos primarios o filtros otorgan al agua las características suficientes para cumplir con la normativa existente.

Sabiendo que la empresa no cuenta con sistema de tratamiento, se planteó el presente trabajo de grado con el fin de dar cumplimiento a la normativa mediante un sistema de tratamiento acorde a las necesidades de la empresa, la obtención de agua residual tratada en condiciones óptimas para su vertimiento y posterior disposición.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta para un sistema de tratamiento del agua residual generada en la empresa de lácteos IBEL.

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Diagnosticar el estado actual del agua residual proveniente de los procesos productivos de la empresa de lácteos IBEL.
- Seleccionar la alternativa de tratamiento que mejor se ajuste al diagnóstico por medio de un desarrollo experimental.
- Establecer las especificaciones técnicas de la alternativa.
- Realizar análisis financiero para la implementación de la alternativa seleccionada.

1. GENERALIDADES

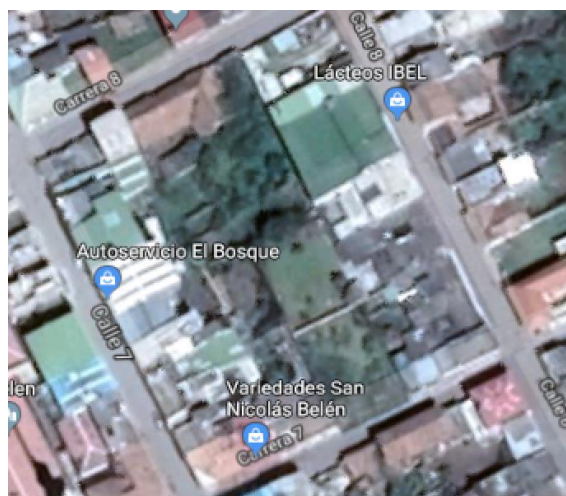
El desarrollo del proyecto de investigación se ejecuta mediante un análisis inicial de la planta y su proceso de operación actual. El presente capítulo detalla cada una de las operaciones en los procesos de producción llevados a cabo en la empresa de Lácteos IBEL, además de mostrar la revisión bibliográfica consultada para el progreso de este.

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa de Lácteos IBEL se fundó en el año 1939 por José Domingo García con la producción de quesos tipo prensa semimaduro, peritas y mantequillas. A través de los años, los productos 100% de calidad artesanales permitieron a la empresa posicionarse en el mercado regional. El 15 de febrero de 1985 el señor Justo Eliseo Morantes adquiere la empresa, la cual queda a cargo de su hijo Edgar Morantes Moreno. Años más tarde, se decide invertir en maquinaria y equipos con el fin de continuar y ampliar la producción, comercialización de productos frescos de alta calidad. La dedicación a la empresa permitió el reconocimiento por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo e Impulsa Colombia a IBEL como *“una empresa que, a través de la innovación, el emprendimiento y el desarrollo empresarial fortalecen la productividad y la competitividad del país”*.

Lácteos IBEL se encuentra ubicada en el departamento de Boyacá, municipio de Belén, contando con una fábrica ubicada en la Calle 8 No 7-53 mostrada en la **Figura 1** y un punto de venta en la Carrera 6 No 8-77. La planta funciona 8 horas al día, de lunes a domingo.

Figura 1. Ubicación satelital de la Fábrica de Lácteos IBEL

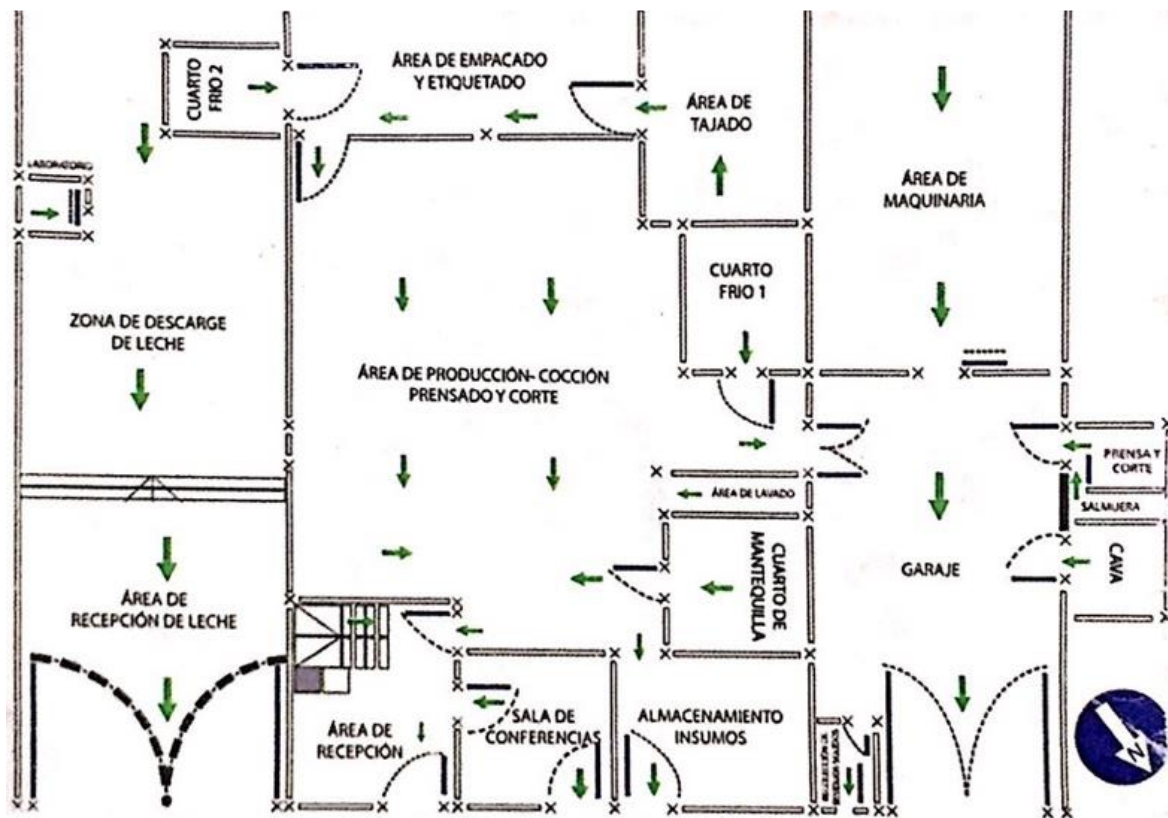


Fuente: Google Maps

La fábrica cuenta con dos niveles, el primero se efectúa todo el proceso productivo desde el descargue hasta el almacenamiento y distribución de producto terminado. Según lo mostrado en la **Figura 2** la zona de descarga y recepción de la leche están aisladas del área de producción, además la empresa cuenta con dos cuartos fríos para el almacenamiento de quesos. La producción de mantequilla se realiza en una zona aislada a la producción de quesos.

Así mismo, el ingreso al área de producción está regido bajo las normas de sanidad exigidas por el INVIMA siendo necesario el uso de EPP y la correcta desinfección del calzado y lavado de manos.

Figura 2. Planta primer piso IBEL



Fuente: Lácteos IBEL

El segundo nivel está distribuido para zona administrativa, social, baños y además cuenta con un almacén químico como se evidencia en la **Figura 3**. El área de producción se encuentra aislada evitando así la contaminación cruzada en la elaboración de productos.

Las unidades sanitarias se encuentran en este nivel y cuenta con tuberías aisladas a la tubería de la zona de producción y del agua residual de esta misma.

Figura 3. Planta segundo piso IBEL



Fuente: Lácteos IBEL

Actualmente, la fábrica consta de tres líneas principales de producción: la primera destinada a la producción de quesos frescos la cual cuenta con cuatro productos: queso doble crema, queso pera, queso campesino y queso costeño, la segunda línea de producción consta de quesos tipo maduro donde se fabrica queso prensa semimaduro y queso ahumado maduro y por último, la tercera línea de producción se dedica a la fabricación de mantequilla; las capacidades de producción expresadas en kilogramos por mes se observan en la **Cuadro 1**.

Cuadro 1. Producción de Lácteos IBEL

Línea de producción	Producto	Capacidad de producción (kg/mes)
Quesos frescos	Queso doble crema	18.900
	Queso pera	3.600
	Queso campesino	90
Quesos madurados	Queso costeño	190
	Queso semimaduro	70
	Queso ahumado maduro	30
Mantequilla	mantequilla	2.000

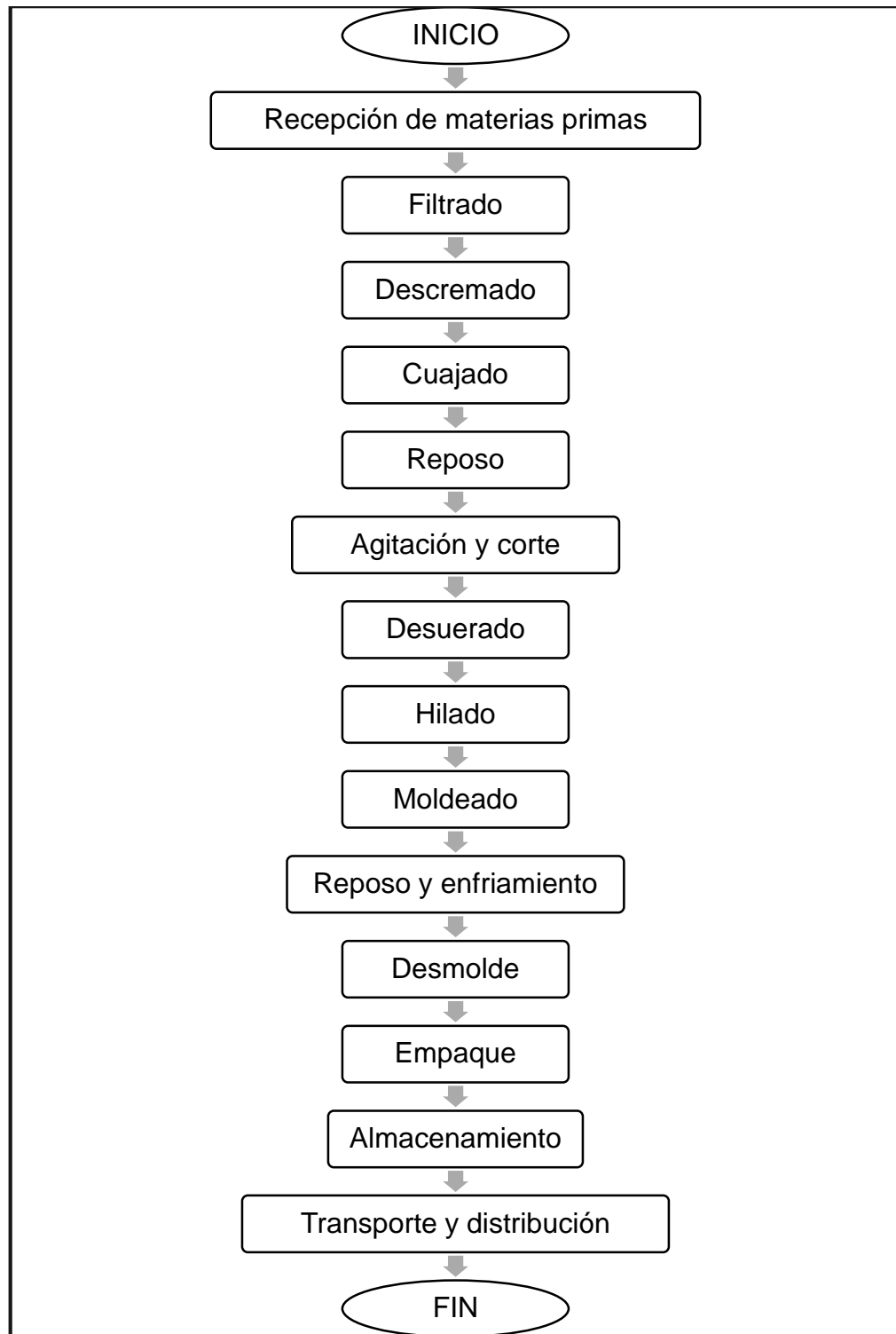
Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por la empresa de Lácteos IBEL

1.2 PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LAS TRES LÍNEAS

Dado a que la materia prima principal es la leche, el proceso inicial en las tres líneas es el mismo, luego, acorde al tipo de producción en cada línea el proceso se diversifica. A continuación, se muestra detalladamente las operaciones unitarias implicadas en cada uno de los procesos productivos llevados a cabo por la empresa con sus respectivas descripciones y condiciones de operación establecidas por la empresa.

1.2.1 Proceso de producción de quesos. La producción de quesos se basa principalmente en operaciones unitarias donde se transforma la leche mediante la adición del cuajo como agente coagulante posterior a la separación de la crema para así obtener el producto deseado llevando a cabo todas las condiciones necesarias para su preservación. Este proceso es resumido en la **Figura 4**. Cabe resaltar que todos los procesos son operados a presión estándar.

Figura 4. Diagrama de bloques para la producción de quesos



Fuente: elaboración propia con base en Lácteos IBEL

- **Recepción de materias primas:** la principal materia prima es la leche, esta es transportada en camiones mediante cantinas en acero inoxidable de aproximadamente 50 litros cada una similares a la mostrada en la **Figura 5**, la cual se recibe diariamente en la fábrica a temperatura ambiente ya que esta es proveniente de fincas aledañas. Posteriormente se evalúan los estándares de calidad de muestras aleatorias donde se caracterizan parámetros organolépticos, acidez, carga microbiológica y así determinar si esta cuenta con las condiciones óptimas para el proceso o debe ser devuelta a los proveedores. Adicionalmente, se cuenta con un almacén de materias primas e insumos necesarios en el proceso.

Figura 5. Cantinas de transporte de leche cruda



Fuente: elaboración propia con base en Lácteos IBEL

- **Filtrado:** siguiente a la recepción de la leche, esta pasa por un proceso de filtrado mediante un tamiz de tela donde se busca eliminar impurezas presentes debido a que la leche es cruda. El tanque de filtrado está diseñado en acero inoxidable el cual cuenta con un compartimiento donde se encuentra el tamiz de tela donde se filtra la leche recepcionada a temperatura ambiente la cual es adicionada manualmente por los operarios encargados de la carga y descarga de esta.
- **Descremado:** desde el tanque de filtrado, la leche entera es bombeada a través de tuberías a un equipo de descremado en acero inoxidable el cual es mostrado en la **Figura 6** donde se separa la crema de leche y la leche descremada. Este

equipo funciona mediante la separación centrífuga a temperatura ambiente de las dos fases que contiene la leche entera: crema de leche y leche descremada

Figura 6. Descremadora



Fuente: elaboración propia con base en Lácteos IBEL

- **Cuajado:** la leche descremada obtenida se lleva a un tanque de cuajado en acero inoxidable según la **Figura 7** donde es calentada a 32°C, luego de alcanzar la temperatura se adiciona un cuajo en pastilla con el fin de separar el suero de la leche y la cuajada

Figura 7. Tanque de cuajado 1



Fuente: elaboración propia con base en Lácteos IBEL

- **Reposo:** se debe esperar aproximadamente media hora de cocción en el tanque de cuajado para alcanzar las condiciones necesarias del proceso midiendo la temperatura constantemente.
- **Agitación y corte:** con el fin de desuerar (separar el suero de la proteína), la cuajada es cortada en pequeñas fracciones y se agita constantemente buscando obtener la proteína de la leche.
- **Desuerado:** la cuajada obtenida se lleva a una mesa de escurrido diseñada en acero inoxidable según se muestra en la **Figura 8** donde se busca eliminar la humedad aun presente con el fin de facilitar el proceso de hilado mediante cortes a la cuajada.

Figura 8. Mesa de escurrido



Fuente: elaboración propia con base en Lácteos IBEL

- **Hilado:** la cuajada es llevada a dos marmitas las cuales trabajan simultáneamente; los equipos son en acero inoxidable como se evidencia en la **Figura 9**. Allí se calienta por medio de vapor proveniente de las calderas a una temperatura aproximada de 40 °C y se mezcla manualmente durante 30 minutos; se funde con el fin de homogeneizar y obtener una pasta elástica. Durante el proceso se agrega la cantidad de sal requerida por cantidad de queso fabricado.

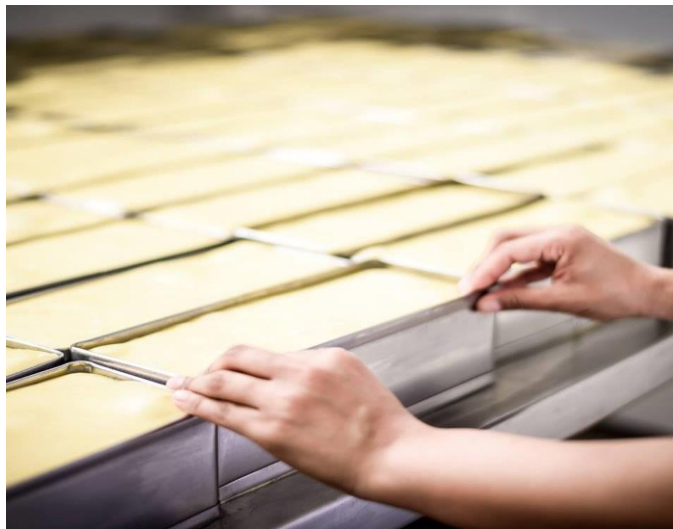
Figura 9. Marmita 1



Fuente: elaboración propia con base en Lácteos IBEL

- **Moldeado:** el queso obtenido, es cortado y pesado dependiendo de la presentación. El queso producido es cortado en la mesa de corte y pesado según la presentación: 1 lb, 2 lb y 5 lb similar a los mostrados en la **Figura 10**.

Figura 10. Moldeado de quesos.



Fuente: elaboración propia con base en Lácteos IBEL

- **Reposo y enfriamiento:** el queso es dejado en los moldes por un tiempo aproximado 30 minutos necesario para enfriar a temperatura ambiente y compactar la mezcla.

- **Desmolde:** los moldes son retirados manualmente y el queso queda listo para empaque o tajado en un equipo especial en acero inoxidable como se aprecia en la **Figura 11**.

Figura 11. Tajadora de quesos



Fuente: elaboración propia con base en Lácteos IBEL

- **Empaque:** el queso listo, se empaca en una bolsa de polietileno de grado alimenticio la cual cuenta con su respectiva etiqueta la cual contiene la información de fabricación del producto, datos básicos de la empresa y demás requerimientos obligatorios.
- **Almacenamiento:** el queso empacado es llevado a cuartos fríos como el mostrado en la **Figura 12** donde se mantiene a una temperatura de 0°C a -4°C.

Figura 12. Cuarto frío de almacenamiento 2



Fuente: elaboración propia con base en Lácteos IBEL

- **Transporte y distribución:** manteniendo la cadena de frío de -4°C a 4°C , el queso es comercializado a centros de distribución en el departamento de Boyacá y en Bogotá D.C.

La producción de otro tipo de quesos varía en procesos adicionales entre el moldeado y reposo.

- **Queso tipo pera:** luego del proceso de moldeado, los quesos son sometidos a prensado con peso, allí se busca eliminar parte de la humedad presente. El queso es empacado y almacenado siguiendo el proceso mencionado anteriormente.
- **Queso campesino y queso costeño:** actualmente, la empresa no fabrica estos productos, sin embargo, su proceso de fabricación difiere en procesos intermedios entre el moldeado y reposo similar a la producción de queso tipo pera. Otro factor importante en su elaboración es la concentración de sal a adicionar.
- **Quesos semimadurados y madurados:** durante la fabricación, el queso es sometido a una máquina de prensado como la mostrada en la **Figura 13** luego del moldeado. Posteriormente, estos son dejados en reposo durante tiempos

especificados dependiendo del queso a obtener. En el caso de quesos madurados, se reposan por aproximadamente 3 meses mientras que los semimadurados la mitad de este tiempo. Posterior a este proceso, el queso sigue con el proceso mencionado anteriormente hasta su distribución.

Figura 13. Máquina de prensado



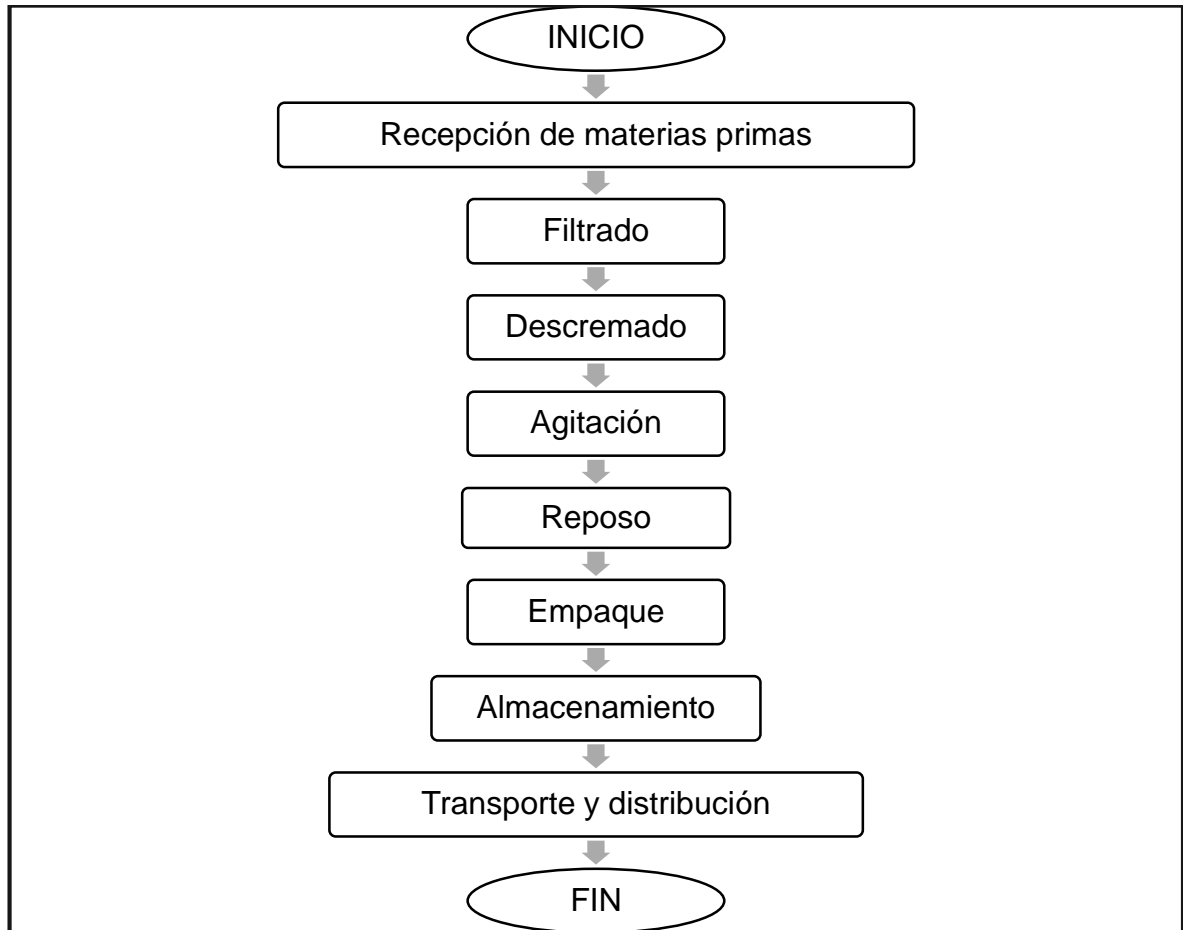
Fuente: elaboración propia con base en Lácteos IBEL

- **Queso ahumado:** lleva un proceso similar al queso madurado, difiere en la pasteurización de la leche en su elaboración. La empresa fabrica este queso ocasionalmente.
- **Subproductos:** durante el proceso de filtrado, cuajado y desuerado, se obtiene suero el cual es recogido y almacenado para su venta.

1.2.2 Proceso de producción de mantequilla. Posterior al proceso de descremado la crema obtenida es la materia prima principal para la elaboración de mantequillas el cual se basa en la agitación de este de forma manual para la separación de las dos fases presentes: uruga (es un término empleado por la empresa para hacer referencia a la crema líquida obtenida) y la mantequilla. El

proceso es resumido en la **Figura 14**. Cabe resaltar que todos los procesos son operados a presión estándar.

Figura 14. Diagrama de bloques para la producción de mantequilla



Fuente: elaboración propia con base en Lácteos IBEL

El proceso de producción de mantequilla es llevado a cabo luego de obtener la crema de leche en el equipo de descremado.

- **Agitación:** se agita manualmente con la ayuda de una espátula en un tanque en acero inoxidable la crema de leche con el fin de separar la uruga.
- **Reposo:** al obtener la textura deseada, esta se deja en reposo a temperatura ambiente con el fin de homogeneizar y lograr una consistencia adecuada.
- **Empaque:** la mantequilla es empacada en bolsas polipropileno de grado alimenticio y posteriormente se realiza su almacenamiento a temperatura ambiente.

- **Transporte y distribución:** la mantequilla es comercializada a panaderías principalmente.
- **Subproductos:** durante el proceso de agitación se obtiene uruga, la cual es recogida y almacenada para su venta.

1.3 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos con el objetivo de llevar a cabo la reducción y remoción de carga contaminante de origen orgánico y/o inorgánicas presentes en el agua las cuales pueden ser generadas por uso doméstico, industrial o contaminación de afluentes hídricos. En la actualidad estos tratamientos se dividen en cuatro etapas como se evidencia en la **Figura 15**.

Figura 15. Clasificación tratamientos de agua residual

Tipo de tratamiento	Tratamientos primarios	Tratamientos secundarios	Tratamientos terciarios
Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Homogenización • Cribado • Neutralización • Coagulación • Floculación • Sedimentación • Flotación 	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamientos biológicos • Tratamientos aerobios • Tratamientos anaerobios • Tratamientos mixtos 	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos de membrana <ul style="list-style-type: none"> ○ Ultrafiltración ○ Microfiltración ○ Osmosis inversa ○ Electrodiálisis ○ Pervaporación • Intercambio iónico • Adsorción • Procesos redox • Precipitación química • Arrastre aire/vapor • Incineración • Desinfección
Objetivo a eliminar	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos en suspensión • Coloides • Aceites y grasas • Metales 	Materia orgánica biodegradable	<ul style="list-style-type: none"> • Sales disueltas • Micro contaminante • Afino depuración

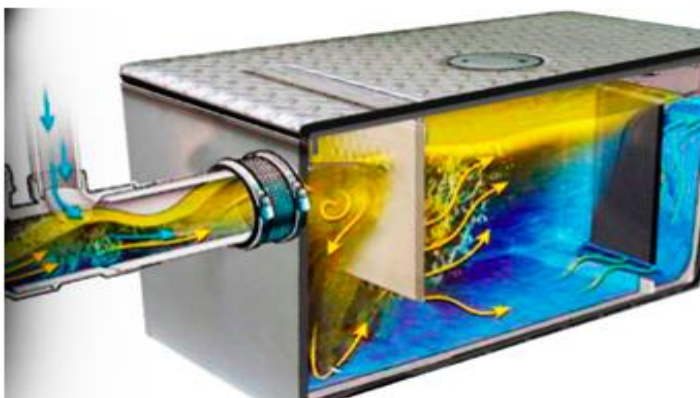
Fuente: ANALIZA CALIDAD ASESORES. Tratamiento de aguas residuales industriales. Disponible en: <http://www.analizacalidad.com/docftp/fi1110aguas.pdf>

1.3.1 Pretratamiento. La remoción física de diferentes tamaños de partícula (sedimentos) se realiza por medio de diferentes procesos como son cribas, desarenadores, tamices, rejillas entre otros, o disminuir su tamaño por trituradoras.

- **Cribado:** proceso basado en la separación de material grueso o sedimentos presentes en el agua residual, por medio de la implementación de criba o rejilla las cuales pueden ser de cualquier material que posea agujeros: según el tamaño de las aberturas se pueden clasificar en rejillas gruesas o finas. Según ROMERO JAIRO las rejillas gruesas son aquellas aberturas iguales o mayores de 0,64 cm (1/4 pulgada), mientras que las finas tienen aberturas menores 0,64 cm.⁴
- **Desarenadores:** son utilizados en la remoción de arena, arcilla, grava, partículas o cualquier otro material sólido pesado, además, disminuyen la acumulación del material particulado en la tubería, canales o conductos; su limpieza puede ser mecánica o manual. Los tipos de desarenadores más utilizados son:
 - **Desarenador de flujo horizontal:** el agua pasa horizontalmente a través del tanque, con el fin de disminuir la velocidad donde se controla por medio de dimensiones permitiendo una mayor suspensión del material.
 - **Desarenador aireado:** se utiliza para la retención de arena, arcilla entre otros, su flujo es en forma de espiral; la velocidad es controlada por medio de dimensiones y cantidad de aire suministrado.
- **Trampa de grasas:** se basa en un compartimiento con ubicación entre la zona de desagüe del agua residual y la alcantarilla u otro sistema de tratamiento. Su función es recoger o separar las grasas y aceites presentes en el agua residual con el fin de evitar su vertimiento directo al alcantarillado público o realizar un pretratamiento al agua a tratar posteriormente.

⁴ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008.

Figura 16. Funcionamiento de una trampa de grasas convencional



Fuente: Ingeniería y servicios ambientales ISA

Las trampas de grasas se basan en tres compartimientos similares a la mostrada en la **Figura 16**: el agua ingresa al primer compartimiento y se dirige al segundo por la parte inferior eliminando el material flotante, el segundo compartimiento elimina el material sedimentable con el paso de agua sin efluente por la parte superior al tercer compartimiento.

1.3.2 Tratamiento primario. Es un proceso de remoción de sólidos suspendidos, aceites, grasas, coloides, metales y procesos fisicoquímicos utilizando procesos de cámaras de sedimentación, coagulación, floculación.

- **Oxidación:** procesos fisicoquímicos basados en el cambio de la estructura química de los contaminantes mediante el uso de especies con un elevado poder oxidante como el radical hidroxilo (HO^*). En el tratamiento de aguas las tecnologías más utilizadas son la ozonización, ozono con peróxido de hidrogeno, proceso Fenton entre otras⁵.

Proceso Fenton: consiste en la adición de sales de hierro en presencia de H_2O_2 , en medio ácido para la formación de radicales $^{\circ}\text{OH}$; la combinación de H_2O_2 y sales de hierro es denominado reactivo Fenton⁶.

- **Neutralización:** tratamiento ácido-base realizado con el fin de ajustar pH a niveles permisibles según su disposición.

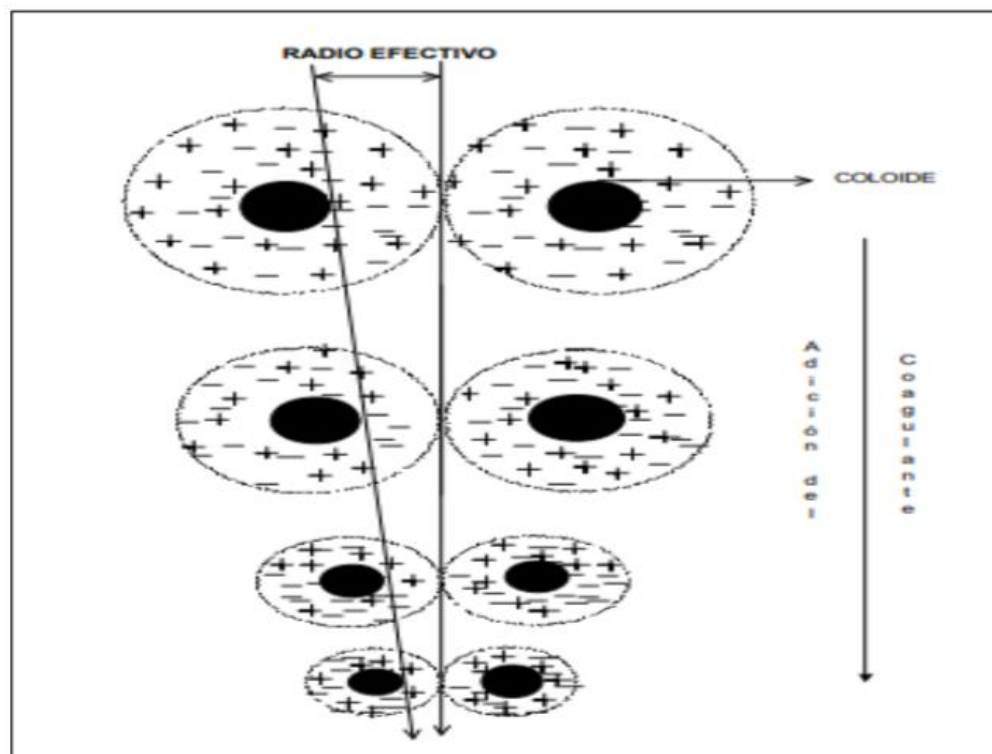
⁵ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008.

⁶ RUBIO, Ainhoa y otros. Aplicación del proceso Fenton en el tratamiento de aguas residuales de origen petroquímico. Medellín, Colombia. Junio 2014. Disponibles en: <http://www.scielo.org.co/pdf/inco/v16n2/v16n2a19.pdf>

- **Coagulación:** se basa en desestabilizar las partículas de los coloides empleando coagulantes químicos. Los coloides son suspensiones estables evitando una sedimentación natural; se les atribuye la turbiedad y el color del agua contaminada. Según la **Figura 17**, el principio básico de la coagulación se da mediante la neutralización de cargas, produciendo un colapso de la nube que rodea los coloides logrando la aglomeración.⁷ Los coagulantes más utilizados en la desestabilización de las partículas son:

- Sulfato de aluminio
- Aluminio de sodio
- Cloruro de aluminio
- Cloruro férrico
- Sulfato férrico
- Sulfato ferroso

Figura 17. Principio de funcionamiento de la coagulación

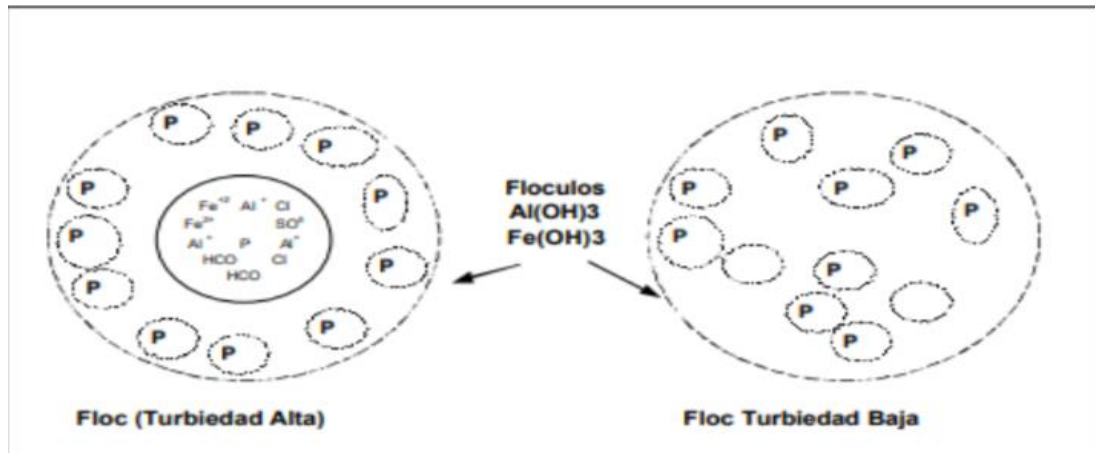


Fuente: ANDÍA, Yolanda. Tratamiento de agua coagulación y floculación. Lima, Perú. Abril 2000. Disponible en: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154. Pág. 10

⁷ ANDÍA, Yolanda. Tratamiento de agua coagulación y floculación. Lima, Perú. Abril 2000. Disponible en: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154

- **Floculación:** consiste en la agitación de la masa o partícula coagulada con el fin de aumentar el tamaño y peso para la aglomeración de los flóculos para así sedimentarlos con facilidad. Como se observa en la **Figura 18**; las características del floculante dependerán en gran medida de la eficiencia de este, la turbiedad alta aglomera las partículas de una mejor forma.

Figura 18. Comparación en la turbiedad de floculantes



Fuente: ANDÍA, Yolanda. Tratamiento de agua coagulación y floculación. Lima, Perú. Abril 2000. Disponible en: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154. Pág. 13

Un factor importante en este proceso es la velocidad de agitación: se debe hacer con una agitación lenta lo cual va a favorecer la unión de los flóculos. Por el contrario, si se incurre en aumentar la velocidad de agitación logrando romper los flóculos.

Existen dos tipos de floculación, la floculación pericinetica, producido por el movimiento natural de las moléculas del agua y este inducido por energía térmica, y la floculación ortocinética se basa en las colisiones de las partículas por el movimiento del agua que es inducido por una energía externa de origen mecánico o hidráulico.⁸

Con respecto al tipo de floculantes, se pueden encontrar de tipo aniónico, catiónico y no iónico. Los floculantes aniónicos se caracterizan por estar cargados negativamente, los catiónicos están cargados positivamente y los no iónicos no son polielectrolitos o tienen carga neutra. Su uso está ligado al pH del medio el cual se

⁸ ANDÍA, Yolanda. Tratamiento de agua coagulación y floculación. Lima, Perú. Abril 2000. Disponible en: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154

va a tratar, los catiónicos son usados generalmente a pH bajos y los aniónico a pH altos. Su uso en pH opuestos transformará el polímero en no iónico.⁹

- **Sedimentación:** es el único proceso donde se involucra agua residual para mejorar sus condiciones. Proceso aplicado cuando se necesita separar sólidos suspendidos del agua residual donde se aprovecha la gravedad con el propósito de sedimentar las partículas más densas, así, descienden al fondo del sedimentador; la eficiencia del proceso se logra por la diferencia entre el peso específico de la partícula sólida y la del líquido donde se encuentra.
- **Flotación:** proceso utilizado en la separación de emulsiones y partículas presentes en el agua mediante el suministro de burbujas de un gas, generalmente aire las cuales se asocian a las partículas y llegan a la superficie, donde son eliminadas del sistema.

1.3.3 Tratamiento secundario. Es un tratamiento utilizado en la depuración del agua por medio de la descomposición de materia orgánica suspendida o disuelta con ayuda de agentes microbianos aeróbicos o anaeróbicos.

- **Tratamientos biológicos:** consiste en la acción de biomasa activa, especialmente bacterias, actúan en procesos de adsorción biológica hacia la estabilización de la materia orgánica presente en el agua residual. Utilizan los sólidos sueltos como fuente de energía por medio de reacciones bioquímicas y así transformarlos en sólidos estables.
- **Tratamientos aerobios:** se basa en la descomposición de la materia orgánica en dióxido de carbono y minerales oxidados. Su aplicación en tratamientos de agua residual llega a estar limitada por la baja solubilidad del oxígeno en el agua, se emplean filtros verdes, lechos de turba, biodiscos, entre otros.
- **Tratamiento de anaerobios:** este proceso se realiza en ausencia de aire a fin de lograr la descomposición de la materia orgánica por medio de reactores cerrados donde se produce dióxido de carbono y metano.
- **Tratamiento mixto:** se implementa mediante la mezcla de tratamientos aerobios y anaerobios que actúan de forma simultánea o alterna.

1.3.4 Tratamiento terciario. Este tipo de tratamiento busca eliminar los contaminantes orgánicos u otras sustancias contaminantes que no se eliminaron en los anteriores tratamientos con el fin de obtener un agua más pura. Se utilizan procesos de afinación como filtración u osmosis inversa, no convencionales

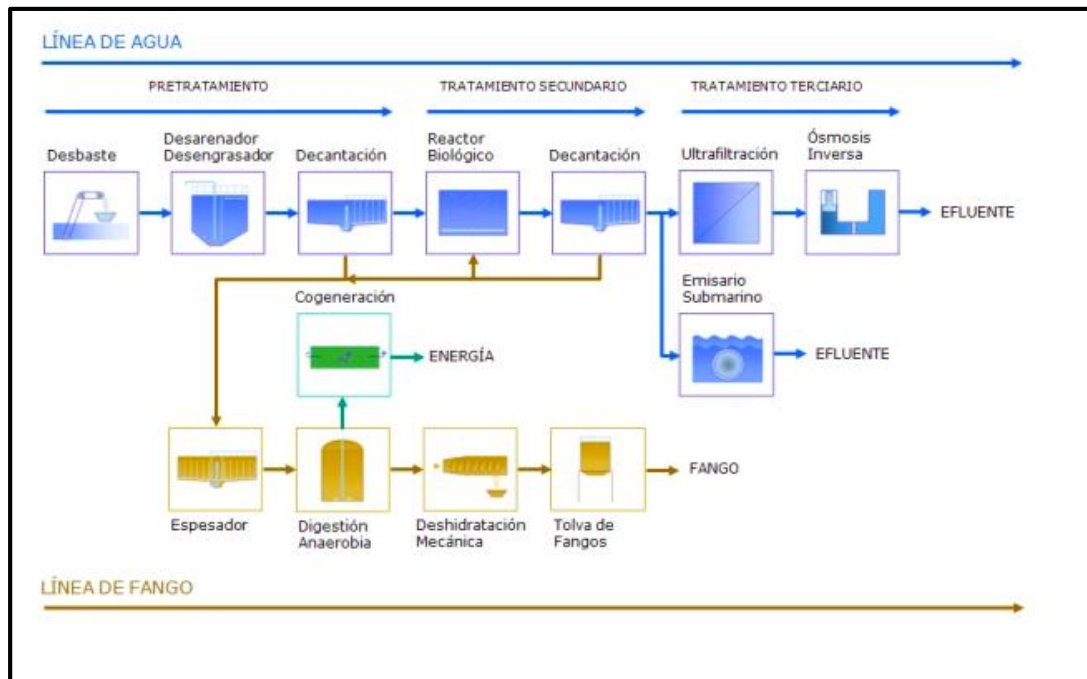
⁹ AYCACHE, Karina. Coagulación y floculación. Disponible en: https://www.academia.edu/24901338/COAGULACION_Y_FLOCULACION

(fotocatálisis, electrocoagulación y electrolisis) y desinfección (cloración, yodación y ozono).

- Intercambio iónico
- Procesos de membrana
- Arrastre con vapor de agua o aire
- Proceso de reducción
- Precipitación química

Algunas de las operaciones mostradas anteriormente son resumidas en el diagrama de proceso en la **Figura 19**.

Figura 19. Diagrama de procesos para el tratamiento de aguas



Fuente: Volund Grupo. Disponible en: <http://grupovolund.com/edar-depuracion-aguas/>

1.4 PARÁMETROS EVALUADOS EN LA NORMA

En Colombia el MADS es la entidad encargada de emitir la normatividad necesaria para la prevención y cumplimiento de todos los aspectos ambientales dentro de los cuales se encuentra el vertimiento de aguas residual industrial aplicado a cada industria en específico. Mediante la resolución 0631 del 2015 para la industria lacte según el artículo 12 se establecen los parámetros fisicoquímicos a monitorear mostrados en el **Anexo A**. A continuación, se mencionan los más significativos con sus respectivas descripciones.

- **pH:** medida de acidez o de alcalinidad de una sustancia, los números a partir del 0 al 6 indican soluciones ácidas, 7 indica soluciones neutras, y de 8 a 14 indican soluciones básicas.
- **Demanda química de oxígeno (DQO):** determina la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica e inorgánica que es susceptible en el cuerpo de agua.
- **Demanda biológica de oxígeno (DBO):** cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos con el fin de alcanzar la degradación de la materia orgánica que existe en el agua
- **Sólidos suspendidos totales (SST):** material particulado que es transportado gracias a la acción de arrastre y soporte del movimiento del agua, los más pequeños (menos de 0.01 mm) no sedimentan rápidamente y se consideran sólidos no sedimentables, y los más grandes (mayores de 0.01 mm) son generalmente sedimentables.¹⁰
- **Sólidos sedimentables (SSED):** volumen de las partículas sólidas que se depositan por la fuerza de la gravedad en un recipiente donde el líquido permanece inmóvil durante un periodo de tiempo.¹¹
- **Grasas y aceites:** sustancias de origen vegetal o animal, esteres formados por moléculas de ácidos grasos y una molécula de glicerol, pueden ser sólidos (grasas) o líquidos (aceites). Interfieren en la actividad biológica afectando la transferencia de oxígeno desde el ambiente al cuerpo líquido.

1.5 NORMATIVIDAD

El control y seguimiento a las pequeñas, medianas y grandes empresas con el fin de regular el impacto ambiental generado por los procesos productivos se logra mediante la implementación de decretos o resoluciones estableciendo los parámetros para tener en cuenta y las prohibiciones necesarias, con el fin de asegurar, un proceso no solo productivo si no eco amigable sin generar desperdicios causantes de contaminación. En el caso de aguas residuales, se pretende disminuir la carga contaminante del agua vertida al alcantarillado asegurando a la comunidad un agua residual tratada que no afecte su calidad de vida. La entidad encargada a

¹⁰HERNÁNDEZ, Ana. Sólidos suspendidos totales en agua secados a 103 °C. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>

¹¹ IBID

nivel nacional de establecer dichos parámetros es el MADS, siendo de gran importancia los mostrados a continuación:

- Decreto 3930 de 2010 emitido por el MADS “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.”¹² El decreto establece las definiciones básicas de los parámetros que afectan la calidad del agua, las restricciones de vertimientos, políticas y normas establecidas según el tema a tratar.
- Resolución 631 de 2015 emitida por el MADS, “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.”¹³ Mediante la cual se define inicialmente las actividades involucradas en la industria láctea, especificando los parámetros establecidos para el vertimiento de aguas residuales no domésticas en alcantarillado mostradas en el **Anexo A**.

Tabla 1. Datos de parámetros generales del vertimiento de aguas no domésticas en la fabricación de lácteos

Parámetro	Unidades	Valor
Ph	Unidades de pH	6,00 a 9,00
DQO	Mg/L O ₂	450,00
DBO ₅	Mg/L O ₂	250,00
SST	Mg/L	150,00
Grasas y aceites	Mg/L	20,00

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Parámetros y valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y los sistemas de alcantarillado público. Mar 17. Resolución 0631 de 2015.

- Decreto 1076 de 2015 emitido por MADS, “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario Del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible” se encuentra la reglamentación básica para vertimientos de agua residual industrial según la sección 21.

¹² Ministerio de Ambiente y Desarrollo. DECRETO 3930 DE 2010. Disponible en: http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Decreto3930_20101025.pdf

¹³ Ministerio de Ambiente y Desarrollo. Resolución 0631 de 2015 Calidad de vertimientos. Mar 17. Disponible en: <http://www.aguasdebuga.net/intranet/sites/default/files/Resolución%200631%20de%202015-Calidad%20vertimientos.pdf>

2. DIAGNÓSTICO

La generación de agua residual industrial en los procesos de producción y su posterior vertimiento genera una problemática ambiental. Con el fin de determinar las fuentes de generación de agua residual y su correspondiente aporte en términos del caudal en cada aspecto a tratar, se llevarán a cabo los debidos estudios y procedimientos, así como los análisis químicos a fin de determinar los parámetros críticos con respecto a la normativa vigente actual.

2.1 FUENTES GENERADORAS DEL AGUA RESIDUAL

La industria láctea genera agua residual industrial con carga orgánica contaminante registrando valores de DBO entre 30.000 y 50.000 mg/L¹⁴.

El consumo de agua en la planta de Lácteos IBEL corresponde a tres etapas: lavado de equipos, servicios industriales y consumo doméstico, siendo el lavado de equipos la fuente principal generadora de agua residual debido a que la empresa no utiliza agua potable en sus procesos productivos, el agua residual doméstica es dirigida al alcantarillado por la red de agua independiente al igual que los condensados provenientes de la caldera.

A continuación, se describen cada una de las etapas de generación de agua residual.

- **Proceso de limpieza de equipos:** al finalizar la jornada de producción se realiza la limpieza de los diferentes equipos, la cual está a cargo de un operario el cual tiene establecidos los tiempos de lavado en cada uno de los equipos del proceso. El proceso es explicado en el numeral **2.2.5**.
- **Aseo general:** el lavado de pisos y paredes se encuentra a cargo del personal de servicios generales, este es realizado cuando se ha finalizado la actividad productiva y el lavado de equipos. El proceso de limpieza se realiza diariamente con agua potable y detergente similar al utilizado en el lavado de equipos.
- **Servicios industriales:** la empresa cuenta con una caldera a vapor la cual se encuentra en una zona aislada y sus condensados son dirigidos a tuberías aisladas del agua proveniente de los demás procesos de limpieza.
- **Aseo administrativo:** este es realizado por personal de servicios generales sin embargo no es considerado fuente generadora de agua industrial dado que sus

¹⁴ VALENCIA, Elizabeth y RAMIREZ María. La industria de la leche y la contaminación del agua. Revista de Ciencia y Cultura. Vol. 1, No 73. Enero-marzo, 2009. Pág. 27. Disponible en: <http://www.elementos.buap.mx/num73/htm/27.htm>

aguas son de consumo doméstico y no se tratan en el sistema de tratamiento de agua residual.

Con el fin de determinar el consumo de agua en cada una de las etapas categorizadas, se procedió a determinar aforos de agua para conocer el caudal de consumo mostrado en el **Cuadro 2**. Los consumos corresponden a las mediciones realizadas en la empresa y los datos proporcionados por esta.

Cuadro 2. Etapas de generación de agua residual

Etapa	Equipo	Consumo (m ³ /día)	Consumo total por etapa (m ³ /día)
1. Calderas	Caldera industrial	4,31	4,31
2. Consumo doméstico	Personal fijo	0,207	0,257
	Personal transitorio	0,05	
3. Lavado de equipos en áreas de producción	Cantinas	1	6,35
	Tanque de filtrado	0,2	
	Descremadora	0,6	
	Tanque de cuajado	0,5	
	Tanque de suero	0,5	
	Mesa de escurrido	0,25	
	Marmitas	2,3	
	Moldes	0,8	
	Tanque de agitado	0,21	

Fuente: elaboración propia

Conociendo los valores de consumo en cada ítem analizado, se procede a realizar un balance hídrico con el fin de determinar el consumo diario de agua potable en Lácteos IBEL y así mismo el caudal a tratar.

2.2 BALANCE HÍDRICO

Para conocer el caudal correspondiente en las áreas donde se genera consumo de agua, se procede a realizar un balance hídrico estudiando el gasto en cada una. El balance hídrico consiste en categorizar las fuentes principales de gasto de agua residual y obtener una equivalencia con respecto al consumo proporcionado según el consumo mensual en la empresa.

2.2.1 Aspectos técnicos. La empresa cuenta con un suministro de agua proveniente de la empresa municipal de acueducto SERVIBELÉN E.S.P. Lácteos IBEL con el uso de dos contadores en la medición de caudales, cada uno cuenta con su identificación correspondiente expresada en el **Cuadro 3**.

Cuadro 3. Información técnica de contadores en el suministro de agua

Nombre	Contador 1	Contador 2
	Edgar de Jesús Morantes	María Antonia Morantes
Dirección	Cll. 8 No 7-53	Cll. 8 No 7-53
Id. Medidor	519388	519386
Uso	Residencial	Residencial
Fuente de abastecimiento	Agua potable - SERVIBELÉN E.S.P.	Agua potable - SERVIBELÉN E.S.P.

Fuente: elaboración propia con base en datos de la empresa SERVIBELÉN E.S.P.

2.2.2 Revisión del caudal total hídrico. Con el fin de determinar el caudal total necesario en el cálculo del balance hídrico, se tomaron los datos de los últimos seis meses de consumo de la empresa, de allí se escogió el caudal más alto con la finalidad de utilizar el valor máximo para las dimensiones de equipos.

Se debe tener en cuenta que el consumo de agua potable es independiente a la producción diaria: la empresa cuenta con una estandarización en sus procesos productivos manteniendo una capacidad de producción estándar, lo que indica que el aumento o disminución en la producción no afecta el proceso de limpieza establecido.

El caudal a estudiar corresponderá a procesos de limpieza el cual puede presentar variaciones según de muestra en la **Tabla 2**, dado que algunos procesos de limpieza no cuentan con una estandarización.

Tabla 2. Consumo de agua en lácteos IBEL en los últimos seis periodos

Periodo (2018)	Consumo (m ³)		
	Contador 1	Contador 2	Total
Diciembre	207	127	334
Noviembre	195	132	327
Octubre	178	125	303
Septiembre	158	64	222
Agosto	295	99	394
Julio	232	109	341

Fuente: elaboración propia con base en datos de la empresa SERVIBELÉN E.S.P.

Debido a que la empresa no cuenta con un sistema de tratamiento no es posible conocer el caudal real a tratar razón por la cual es necesario hacer una estimación de un caudal aproximado donde se debe tener en cuenta las fuentes generadoras de agua residual industrial establecidas. Se tomará como base el mes de agosto el cual generó un consumo total de 394 m³/mes o 13,1 m³/día aproximadamente de agua potable asegurando que el diseño de la planta quede acorde con las condiciones actuales del proceso.

2.2.3 Consumo de agua en la caldera. La empresa cuenta con una caldera de vapor la cual funciona con gas natural, con el fin de proporcionar energía en los procesos requeridos, esta caldera es operada con agua potable consumiendo 4,310 m³/día, dato proporcionado por la empresa de Lácteos IBEL según especificaciones técnicas del fabricante.

Al ser un servicio industrial se debe tener en cuenta como fuente generadora, sin embargo, no se puede conocer el dato de condensados ya que la empresa se reserva la marca del equipo y demás especificaciones.

2.2.4 Consumo doméstico. En esta parte, se tiene en cuenta la cantidad de personal fijo en la planta y el personal transitorio los cuales equivalen a 9 y 5 respectivamente. A demás, se debe tener en cuenta la cantidad de veces que se genera gasto de agua por persona. Con respecto a la entrada al área de producción, es obligatorio el lavado de manos, además, se cuenta con un baño. El inodoro con el que cuenta la empresa es de marca corona Acuapro redondo con un consumo promedio de 4 litros por descarga. La empresa cuenta con un grifo en el baño, cocina y zona de producción de marca corona con un flujo de 3 litros por minuto.

Posteriormente, se halla el consumo por persona teniendo en cuenta tanto el personal fijo como el personal transitorio.

En el caso del personal fijo se tiene en cuenta 5 lavados de manos por día correspondientes a la entrada de la planta al iniciar la operación y posterior a la hora de almuerzo, dos entradas al baño y un lavado de manos al finalizar la operación. Además, se supone dos usos del inodoro por día. Los datos se resumen en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Consumo de agua diario: personal fijo

	Flujo de agua (m ³ /s)	Tiempo de consumo (s)	Frecuencia de uso (Día – persona)	Total, de consumo (m ³ día/ persona)
Inodoro	0,004	-	2	0,0080
Grifo	5, x10 ⁻⁵	60	5	0,015
Total (m³ / día-persona)				0,023

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por la empresa CORONA

En el caso del personal transitorio se tiene en cuenta dos lavados de manos por día correspondientes a la entrada de la planta, un lavado de manos correspondiente al grifo del baño y un uso del inodoro por día. Los datos se resumen en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Consumo de agua diario: personal transitorio

	Flujo de agua (m ³ /s)	Tiempo de consumo (s)	Frecuencia de uso (Día – persona)	Total, de consumo (m ³ día/ persona)
Inodoro	0,004	-	1	0,004
Grifo	5x10 ⁻⁵	60	2	6x10 ⁻³
Total (m ³ /día-persona)				0,010

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por la empresa CORONA

Con los datos obtenidos se procede a realizar el cálculo y así hallar el caudal correspondiente al consumo doméstico tanto para personal fijo como personal permanente.

Para personal fijo, según el valor obtenido de caudal individual, se calcula el gasto con 9 empleados trabajando en planta, registrando un caudal de 0,207 m³/día. En el personal transitorio, se tienen en cuenta los 5 individuos que ingresan a la planta a diario como visitantes o jefes, los cuales no interactúan directamente con las funciones en la planta, teniendo un caudal de 0,05 m³/día.

Finalmente, se halla el valor total de agua consumida con respecto al ámbito doméstico mediante la **Ecuación 1**.

Ecuación 1. Cálculo del caudal total correspondiente al consumo domestico

$$Q_{A.R.C.D.} = Q_{P.F.} + Q_{P.T.}$$

Donde:

Q_{A.R.C.D.}: Caudal de agua total correspondiente al consumo domestico

Q_{P.T.}: Caudal correspondiente al personal transitorio

Q_{P.F.}: Caudal correspondiente al personal fijo

$$Q_{A.R.C.D.} = (0,207 + 0,05) m^3 / dia = 0,257 m^3 / dia$$

2.2.5 Consumo en áreas de producción. El agua generada con respecto al proceso de producción corresponde al lavado de equipos, tanques y moldes, estos son lavados diariamente generando un caudal promedio de consumo diario, determinado mediante las mediciones mostradas en el **ANEXO B**. y empleando la **Ecuación 2** en cada caso a partir de los datos tomados.

Ecuación 2. Cálculo del caudal promedio en áreas de producción

$$Q_x = t_x \left(\frac{V_r}{t_{r,prom}} \right)$$

Donde:

Q_x : Caudal de agua por equipo, molde o tanque

V_r : Volumen

t_x : Tiempo aforo de la manguera por equipo, molde o tanque

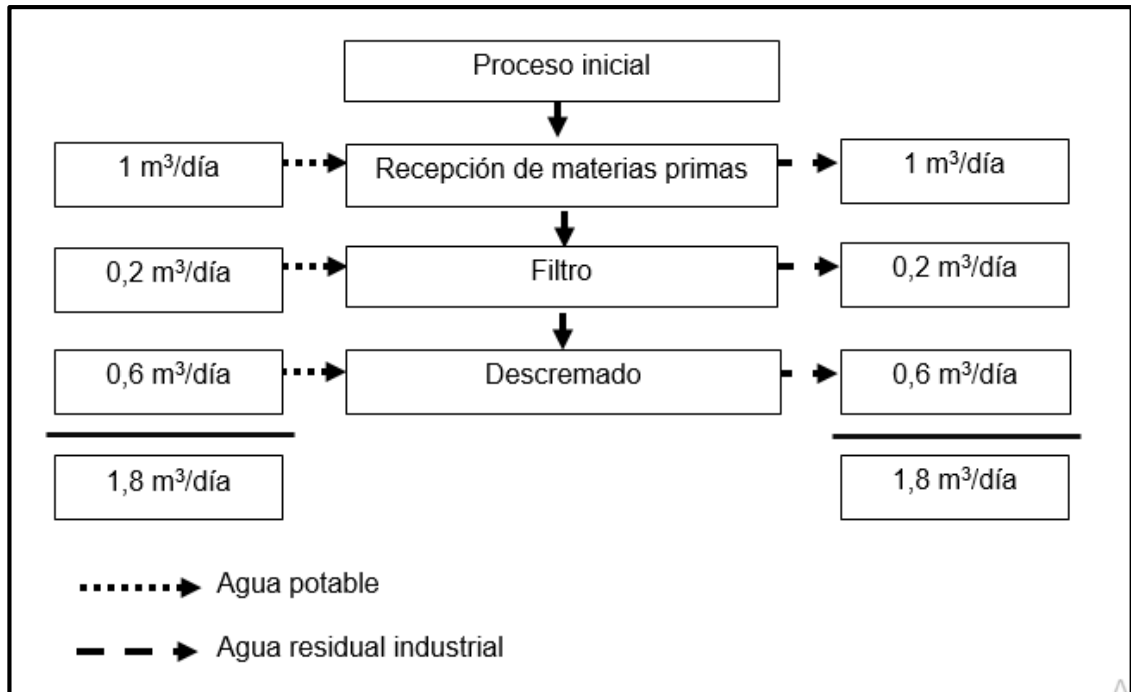
$t_{r,prom}$: Tiempo promedio por equipo, molde o tanque

Los valores correspondientes al tiempo promedio por equipo, molde o tanque fueron aportados por la empresa ya que la limpieza en cada uno se realiza según tiempos establecidos. El procedimiento de lavado en cada caso es similar: se empieza realizando un primer lavado con agua, posteriormente se adiciona detergente en polvo Ariel regular el cual no es biodegradable, con el fin de eliminar grasas presentes, por último, se realiza un lavado nuevamente con agua potable eliminando el jabón presente y excesos de grasa o suciedad.

En algunos equipos, es necesario adicionar otros componentes, como el caso de la marmita alcanzando un mayor grado de desinfección y eliminar compuestos no deseados. A continuación, se muestra el consumo en el lavado de cada equipo promedio consumido en el lavado de cada equipo según los datos mostrados en el **ANEXO B**.

- **Proceso inicial:** el proceso de limpieza diario inicia con el lavado de los equipos involucrados desde la recepción hasta el descremado de la leche debido a que es la primera etapa en finalizar el proceso productivo. En la **Figura 20** se resume los consumos de agua potable para estos equipos.

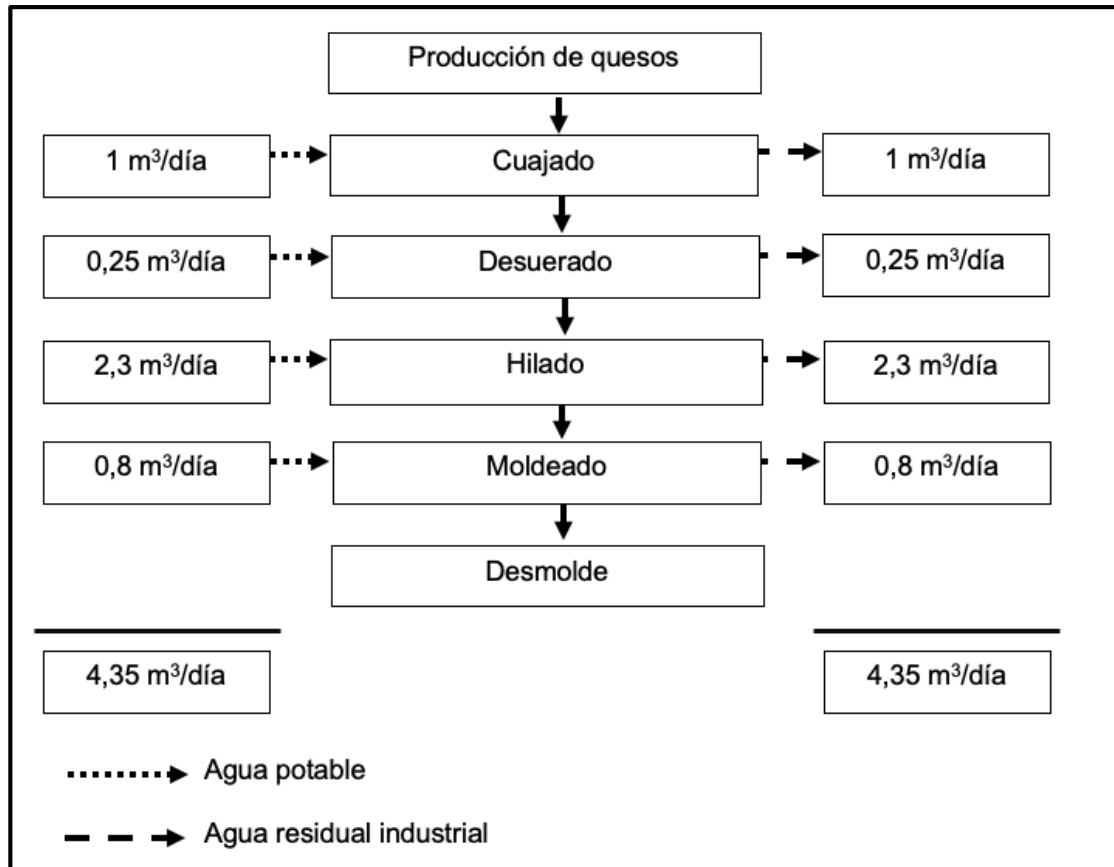
Figura 20. Balance de agua en el proceso inicial



Fuente: elaboración propia con base en Microsoft Office Word

- **Cantinas:** la empresa cuenta con 25 cantinas las cuales son lavadas al finalizar la producción diaria debido a que se recibe leche tanto en la mañana como en la tarde. Cada cantina es lavada individualmente y consumiendo $0,02 \text{ m}^3$ por cada enjuague realizado el cual fue obtenido de los aforos realizados en la empresa. Cada cantina es enjuagada dos veces consumiendo por cantina $0,040 \text{ m}^3$. Para las 25 cantinas se cuenta con un consumo total de $1 \text{ m}^3/\text{día}$.
- **Tanque de filtrado:** el tanque de filtrado contiene un compartimiento correspondiente al filtro de la leche, el cual es lavado de manera alterna con el tanque. El lavado se realiza al finalizar la recepción y posterior filtración de la leche. Similar al proceso de lavado de cantinas se realiza dos enjuagues con agua potable consumiendo $0,2 \text{ m}^3$.
- **Descremadora:** la descremadora es lavada al terminar el proceso de descremado de la leche necesaria en la producción diaria. El consumo de agua potable por lavado es de $0,6 \text{ m}^3$.
- **Producción de quesos:** posterior al lavado de la descremadora se inicia la segunda etapa de lavado al finalizar la producción de quesos en la **Figura 21** son proporcionados los datos de consumo de agua para los equipos involucrados.

Figura 21. Balance de agua para el proceso de producción de quesos



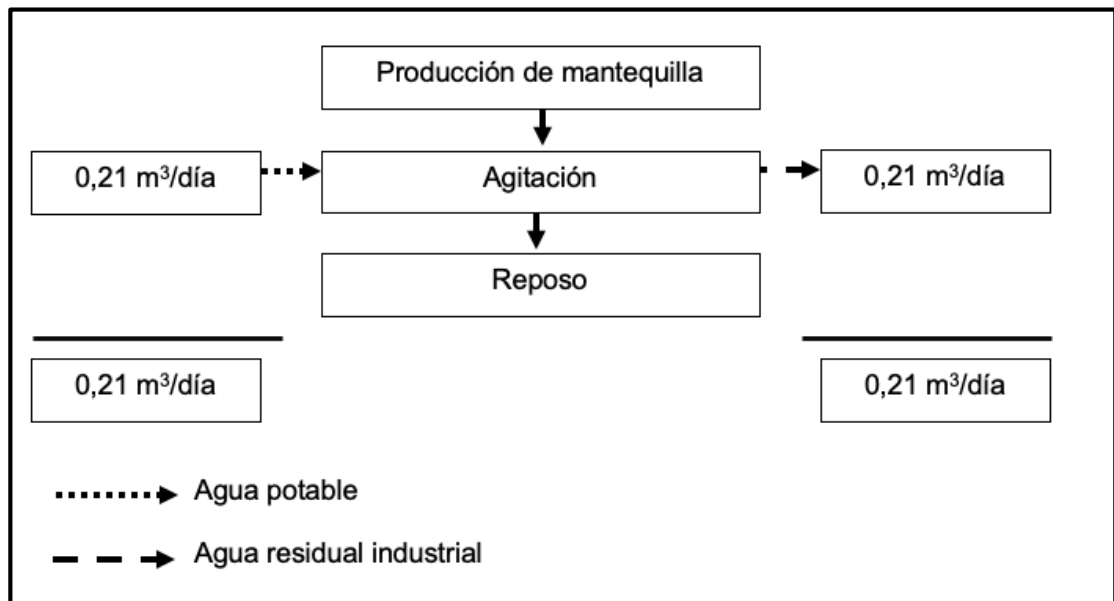
Fuente: elaboración propia con base en Microsoft Office Word

- **Tanque de cuajado:** el tanque de cuajado es lavado dos veces contando con 4 enjuagues al día: al finalizar la producción de queso doble crema y posteriormente de queso tipo pera. El consumo diario es 0,5 m³.
- **Tanque de suero:** el tanque de suero es lavado al finalizar la operación y agotar el suero disponible para la producción. El consumo en el tanque de suero de 0,5 m³.
- **Mesa de escurrido:** la mesa de escurrido es lavada al finalizar el proceso de corte y agitación en la producción diaria de quesos tanto doble crema como tipo pera. El consumo diario de consumo en la unidad de 0,25 m³.
- **Marmitas:** la empresa cuenta con dos marmitas de la misma capacidad, el lavado de estas se realiza a diario dos veces: la primera al finalizar la producción de queso doble crema y la segunda al finalizar la operación diaria. Durante su lavado se utiliza soda caustica de la cual no se conoce la concentración y la temperatura por confidencialidad de la empresa y agua potable. Se tienen dos

marmitas en la planta, por lo tanto el consumo por lavado de marmita es de 0,6 m³ y el consumo diario por las dos marmitas de 2,3 m³.

- **Moldes:** el lavado de moldes se realiza en dos tiempos, primero son sumergidos en agua en una marmita con un volumen total de agua de 0,24 m³/día durante media hora; posteriormente, son aclarados individualmente con un consumo de 0,01 m³. La empresa cuenta 60 moldes, por lo tanto, el consumo de agua potable en lavado de moldes es de 0,6 m³. El consumo total diario en moldes es 0,8 m³.
- **Producción de mantequillas:** la producción de mantequillas se encuentra aislada de la zona de producción de queso este es la última etapa de proceso en la cual se tiene en cuenta el tanque de agitación con un consumo de agua mostrado en la **Figura 22**.

Figura 22. Balance de agua en la producción de mantequilla



Fuente: elaboración propia con base en Microsoft Office Word

- **Tanque de agitado:** el tanque de agitado es lavado al finalizar la producción de mantequilla, el consumo de lavado es de 0,21 m³.

El caudal total en áreas de producción se expresa mediante la **Ecuación 3** donde se tiene en cuenta cada uno de los equipos, tanques y moldes en un día de producción.

Ecuación 3. Caudal total en áreas de producción

$$Q_{A.R.A.P.} = \sum Q_x$$

Donde:

$Q_{A.R.A.P.}$: Caudal de agua total en áreas de producción

Q_x : Caudal en cada uno de los ítems analizados

$$Q_{A.R.C.D.} = 6,35 \text{ m}^3/\text{dia}$$

2.2.6 Especificaciones del balance hídrico total. Basándose en la ley de conservación en la materia expresada mediante la **Ecuación 4**, se procede a realizar el balance de agua correspondiente a la empresa de Lácteos IBEL.

Ecuación 4. Balance de materia respecto al agua generada en Lácteos IBEL

$$\sum \text{Agua Entrada} = \sum \text{Agua Salida}$$

Estimando que los gastos corresponden a consumo de agua doméstico y de lavado en áreas de producción, al hallar el caudal total según la **Ecuación 5**, se obtendrá una consistencia con respecto al agua de entrada y de salida.

Ecuación 5. Cálculo del caudal total de agua en Lácteos IBEL

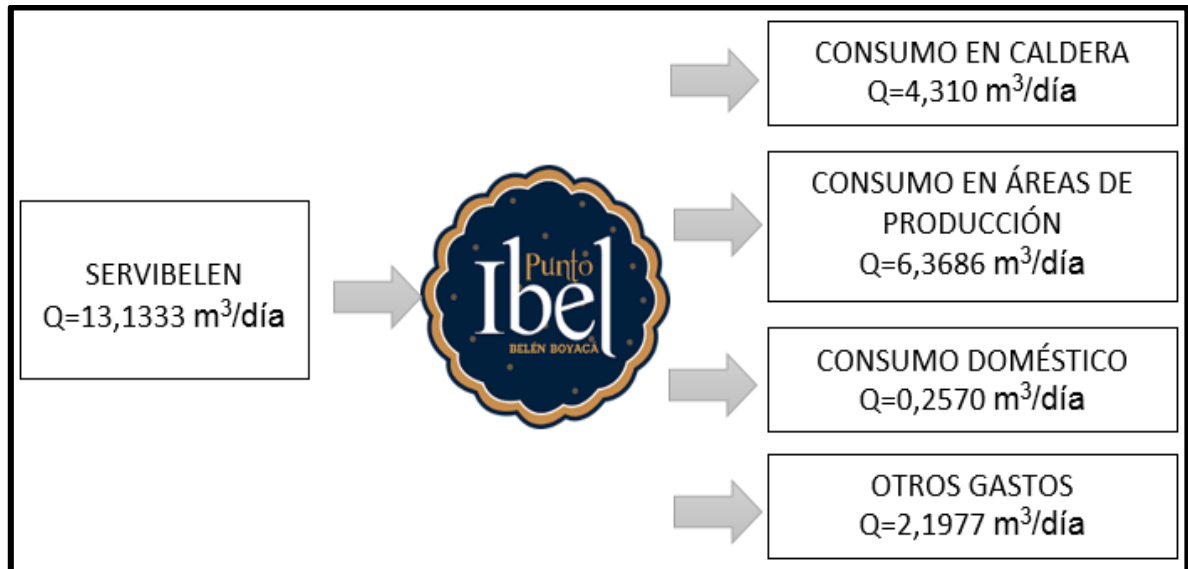
$$\sum \text{Agua Salida} = Q_{A.R.C.D.} + Q_{A.R.A.P.} + Q_c + Q_{O.G}$$

$$13.1333 = (0,3 + 6,4 + 4,3) \text{ m}^3/\text{dia} + Q_{O.G} = 10,9 \text{ m}^3/\text{dia} + Q_{O.G}$$

$$Q_{O.G} = (0,3 + 6,4 + 4,3) \text{ m}^3/\text{dia} - 13,1 \text{ m}^3/\text{dia} = 2,2 \text{ m}^3/\text{dia}$$

Donde $Q_{O.G}$ corresponden a otros gastos de agua tales como el lavado de pisos, paredes, utensilios y aspectos no especificados en el estudio llevado a cabo. Además, se debe tener en cuenta en este valor los condensados de la caldera.

Figura 23. Balance hídrico Lácteos IBEL.



Fuente: elaboración propia con base en datos de la empresa de Lácteos IBEL.

2.3 DISPOSICIÓN ACTUAL DEL VERTIMIENTO

Actualmente, la planta no cuenta con sistemas de tratamientos de aguas, razón por la cual, el agua es vertida directamente al alcantarillado afectando de esta manera la disposición final de esta. El presente trabajo se hace con el fin de disminuir la carga contaminante vertida directamente y, además, iniciar con la posible implementación de un sistema de tratamiento para el agua residual si este se requiere.

Lácteos IBEL consume 6,35 m³/día de agua potable en lavado de equipos mediante el uso de agua potable, detergente y soda caustica en el caso de la marmita. Los equipos, tanques y mesas son lavados uno por uno al finalizar la operación: se realiza primero un lavado con detergente, y posteriormente, un segundo lavado con el fin de eliminar residuos presentes. Con relación a los moldes, se realiza una desinfección dejándolos en agua caliente con detergente durante 15 minutos, luego, se lava cada molde. Por último, los pisos son lavados de igual manera con detergente y agua potable, dos lavados.

La empresa cuenta con canales por donde circula el agua residual generada en el proceso de lavado y tuberías para el caso del agua residual de consumo doméstico. Esta agua es desechada por una sola tubería la cual se conecta finalmente al alcantarillado público.

2.4 REVISIÓN DE LA NORMATIVA VIGENTE

Posterior a realizar el balance hídrico y categorizar las fuentes generadoras de agua residual, se procede a realizar el análisis fisicoquímico del agua y su correspondiente comparación con respecto a la normativa actual vigente con relación a conocer los parámetros que afectan el vertimiento y así estudiar cada uno de estos como se muestra a continuación.

2.4.1 Parámetros de evaluación. Con el fin de realizar un tratamiento adecuado, se van a evaluar los parámetros críticos dentro de la norma revisada: Resolución 0631 de 2015, de allí, se determinó como parámetros importantes mencionados en el Artículo 12: “Parámetros físicos químicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domesticas-ARnD a cuerpos de aguas superficiales de actividades asociadas con la elaboración de productos alimenticios y bebidas” para este caso elaboración de productos lácteos, evaluar pH, demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y grasas y aceites debido a que estos requieren un valor máximo permisible en el vertimiento, además, son parámetros que afectan directamente en la industria láctea debido a los procesos de producción involucrados y las materias primas empleadas.

2.4.2 Descripción del muestreo. Para llevar a cabo la correspondiente caracterización de los parámetros realizados, se recogieron muestras significativas del agua residual industrial en un día de producción por cada equipo los cuales son lavados únicamente al finalizar la operación. Se realizó un único muestreo por restricciones económicas y de accesibilidad al municipio.

El muestreo se realizó siguiendo únicamente la cadena de custodia y preservación necesaria para su posterior análisis. Se inició tomando alícuotas de agua de aproximadamente 0,1 L por equipo en cada momento del lavado debido a que no se cuenta con una caja de recolección por lo cual se decidió realizar un proceso el cual sirviera de prototipo de caja de recolección con el fin de tomar alícuotas representativas del proceso de limpieza y de remoción de carga orgánica (muestreo compuesto).

Las muestras recolectadas fueron almacenadas en recipientes de plástico respecto a pH y SST, mientras que DBO, DQO, Grasas y Aceites; los recipientes contaban con las especificaciones de tamaño, su respetiva cadena de custodia proporcionada por el Laboratorio QUIMICONTROL LTDA., donde los frascos contenían pereservantes, por último, se trasladó la muestra en una nevera asegurando sus propiedades. Los muestreos obtenidos se consideran puntuales debido a que no ha recibido ningún tratamiento fisicoquímico; los datos se resumen en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Muestreo del agua residual de la empresa de Lácteos IBEL

Parámetro	Recipiente	Volumen de muestra (L)	Tipo de muestra	Fecha del muestreo
pH y SST	Plástico	1	Compuesta	14-02-2019
DBO ₅	Vidrio	0,50	Compuesta	14-02-2019
DQO	Vidrio	0,25	Compuesta	14-02-2019
Grasa y Aceites	Vidrio	1	Compuesta	14-02-2019

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por Laboratorio QUIMICONTROL LTDA.

2.4.3 Caracterización del agua. Se usaron técnicas básicas en la determinación de la cantidad de cada parámetro en la muestra. El laboratorio llevó a cabo la medición de cada uno de los parámetros a fin de determinar su valor en el agua residual a analizar. Los datos obtenidos se muestran en la **Tabla 6**.

Tabla 6. Resultados de la caracterización de parámetros críticos del agua residual de la empresa de Lácteos IBEL.

Variable	Unidad	Método	Resultados
pH	Unidad	Electrométrico	3,99
DBO ₅	mg/L O ₂	Incubación Modificación de AZIDA	1910,4
DQO	mg/L O ₂	Volumétrico, Reflujo Cerrado	3449,4
SST	mg/L	Gravimetría, secado	240
Grasas y aceites	mg/L	Extracción Soxhlet	526

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por Laboratorio QUIMICONTROL LTDA.

- La medición de pH fue realizada en laboratorio a 25°C mediante el principio de electrometría, el cual se basa en el registro potencio métrico de la actividad de los iones de hidrogeno por el uso de un electrodo de vidrio y un electrodo de referencia. La FEM (Fuerza electromotriz) producida por el sistema varia linealmente con el pH y se verifica en graficas de pH en diferentes FEM. El pH de la correspondiente muestra es obtenido mediante interpolación.¹⁵
- El cálculo de la cantidad de SST se realizó a partir de la técnica de gravimetría, secado, basada en la retención de partículas sólidas en un filtro de fibra de vidrio a través del cual se hace una muestra homogénea; el residuo retenido se seca

¹⁵ IDEAM. pH en agua por electrometría. Bogotá D.C., Colombia. 2000. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/pH+en+agua+por+Electrometr%C3%ADa.pdf/ec53b64e-91eb-44c1-befe-41fcfccdff1>

a 103-105°C. El incremento en el peso del filtro representa la calidad de sólidos suspendidos totales.¹⁶

- El DQO fue analizado mediante técnicas volumétricas de reflujo cerrado las cuales consisten en oxidar las sustancias orgánicas e inorgánicas presentes en la muestra en una solución fuertemente ácida (H_2SO_4) con un exceso de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) en presencia de sulfato de plata (Ag_2SO_4) que actúa como catalizador, se adiciona sulfato de mercurio ($HgSO_4$) para la eliminación de las interferencias de cloruros. Posteriormente el remanente de $K_2Cr_2O_7$ se titula con sulfato ferroso amoniacal en el cálculo de la cantidad de $K_2Cr_2O_7$ consumido. La materia orgánica se calcula en términos de oxígeno equivalente.¹⁷
- El análisis de DBO_5 presente en la muestra se dio mediante la técnica de incubación, modificación de azida basado en la propiedad oxidante del oxígeno disuelto. La técnica fue desarrollada por Winkler y consiste en la adición de una solución de manganeso divalente ($MnSO_4$) a una muestra de agua seguida de la adición de una base fuerte contenida en un frasco tapón de vidrio. El OD oxida rápidamente una cantidad equivalente del precipitado disperso de hidróxido manganeso.¹⁸
- El método de Extracción Soxhlet se emplea en la determinación de grasas y aceites, se basa en separar la fase sólida o viscosa mediante filtración sobre una matriz sólida absorbente, después de la extracción en un aparato Soxhlet con un solvente orgánico, se pesa el residuo restante de la evaporación del solvente, para determinar el contenido de grasas y aceites, pero esta determinación incluye sustancias de características similares.¹⁹

2.4.4 Análisis de los parámetros críticos. A partir de los resultados obtenidos del análisis realizado por el Laboratorio QUIMICONTROL, se procede a realizar la

¹⁶ IDEAM. Sólidos Suspendidos Totales. Bogotá D.C., Colombia. 2007. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Sólidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>

¹⁷ IDEAM. Demanda Química de Oxígeno por reflujo cerrado y Volumetría. Bogotá D.C., Colombia. 2007. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno.pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb>

¹⁸ QUELAL, Leidy. Documentación del procedimiento de laboratorio para la DBO_5 en el laboratorio de control de calidad de la empresa de acueducto y alcantarillado de Pereira S.A.E.S.P. Trabajo de grado tecnóloga en Química. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de tecnología. 2012. Disponible en <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesis/textoanexos/658562Q3.pdf>

¹⁹ IDEAM. Determinación de grasas y aceites en aguas por el método de Sachet. Bogotá D.C., Colombia. 2007. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Grasas+y+Aceites+en+agua+por+método+Soxhlet.pdf/15096580-8833-415f-80dd-ceaa7888123d>

comparación de los parámetros con lo establecido en la Resolución 0631 de 2015 determinando si se cumple o no con la normativa y proceder a su correspondiente tratamiento como se observa en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Comparación de resultados de la caracterización del agua residual con respecto a la normativa.

Parámetro	Unidad	Resolución 0631 de 2015	Laboratorio QUIMICONTROL	Nivel de cumplimiento
pH	Unidad	6,00 a 9,00	3,99	No cumple
DBO ₅	mg/L O ₂	450,00	1910,4	No cumple
DQO	mg/L O ₂	250,00	3449,4	No cumple
SST	mg/L	150,00	240	No cumple
Grasas y aceites	mg/L	20,00	526	No cumple

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por Laboratorios QUIMICONTROL LTDA y el MADS según la resolución 0631 de 2015

Con base a la comparación, se determina el incumplimiento en los cinco parámetros analizados siendo críticos el DBO₅, DQO y grasas y aceites.

La leche se compone de agua principalmente, materia grasa, proteínas, lactosa, calcio, minerales y sal, siendo una mezcla compleja en las cuales se encuentra proteínas en suspensión razón por la cual se obtienen cantidades significativas de sólidos suspendidos totales.

Las grasas se encuentran en partículas pequeñas las cuales son insolubles en agua representando el 8% de la composición aproximadamente, y, afectando en gran medida su presencia en el agua residual involucrada en procesos con leche como materia prima.²⁰ El contenido de grasas y aceites es alto debido principalmente al proceso de descremado y el suero obtenido durante el proceso el cual es recolectado en tanques plásticos para su venta a clientes externos. El valor obtenido de 526 mg/L muestra el alto contenido de grasas en la leche, crema de la leche y su acumulación en los diferentes equipos y utensilios en el agua residual industrial la cual es vertida al alcantarillado.

La carga orgánica e inorgánica se relacionan directamente con la esencia de la industria láctea: la carga orgánica es generada en los procesos productivos y la inorgánica del proceso de limpieza y la inocuidad en este, representando valores de DBO₅ =1910,4 mg/L O₂ y DQO =3449,4 mg/L O₂, sobrepasando los límites

²⁰ VALENCIA, Elizabeth y RAMIREZ María. La industria de la leche y la contaminación del agua. Puebla, México. 2009. Disponible en: <http://www.elementos.buap.mx/num73/pdf/27.pdf>

permisibles de vertimiento. Debido al incumplimiento en los parámetros analizados, se procede a realizar el estudio de posible tratamiento correspondiente con el fin de mejorar las características fisicoquímicas del agua para el vertimiento

3. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS DE LA EMPRESA IBEL

Las alternativas de mejora en la implementación de un sistema de tratamiento de agua residual se llevan a cabo luego de realizar el análisis anterior. El presente capítulo establece las condiciones básicas y los procesos a implementar en el tratamiento de cada parámetro de incumplimiento, su posterior implementación en un desarrollo experimental y por último la revisión de mejora con respeto al vertimiento actual.

3.1 ALTERNATIVAS A IMPLEMENTAR

Los tratamientos de agua residual se llevan a cabo según el parámetro a disminuir y su cumplimiento con la normativa. El sistema de mejora dependerá del tratamiento a implementar en cada caso con su correspondiente unidad de proceso, a su vez, se debe tener en cuenta que este se ajuste a las condiciones requeridas por la empresa y así mismo disminuya los niveles de contaminación existentes.

3.1.1 Parámetros a evaluar. A partir del análisis proporcionado por el Laboratorio QUIMICONTROL, los cinco parámetros evaluados incumplen con la normativa actual vigente, razón por la cual es importante disminuir primero los parámetros críticos: DBO₅, DQO y grasas y aceites, seguido del ajuste de parámetros menos influyentes en la carga contaminante. Cada parámetro será evaluado por separado con el fin de determinar un tratamiento adecuado en la disminución de cada uno y así obtener un tratamiento que se ajuste a las necesidades tanto de la empresa como de los requerimientos en la normativa.

3.2 ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Una vez estudiados cada uno de los parámetros críticos y de llevar a cabo la revisión bibliográfica, se determina el tratamiento correspondiente en cada uno teniendo en cuenta el tipo de industria, las especificaciones de los procesos y tratamientos a implementar con el objetivo de obtener agua tratada con la mínima cantidad en los valores determinados. El **Cuadro 4** muestra los procesos utilizados en el tratamiento de aguas residuales para la industria láctea en diferentes empresas.

Cuadro 4. Comparación de tratamientos de aguas en la industria láctea

Empresa	Pretratamientos	Tratamientos primarios
Empresa de Lácteos Inversiones FASULAC LTDA.	No posee	Coagulación Floculación Sedimentación Filtración
Lácteos LEVELMA	Trampa de grasas	Coagulación Floculación

Fuente: BRAVO, David, HENAO, ZULYS. Desarrollo de una propuesta de mejora en el sistema de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de lácteos LEVELMA, municipio Cajicá. Fundación Universidad de América, 2016. Y LEITON, Miguel, SEDANO, Paula. Desarrollo de una propuesta de mejora para la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa de lácteos inversiones FASULAC LTDA. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América.

Inversiones FASULAC LTDA, ubicada en la ciudad de Bogotá D.C., se dedica a la transformación de la leche para obtener yogurt y kumis principalmente. Las aguas residuales industriales son provenientes de actividades productivas y para su tratamiento se cuenta con un sistema de tratamientos primarios.

Para el caso de Lácteos LEVELMA, ubicada en Cajicá, se dedica a la producción de quesos fermentados, arequipe y crema de leche en su planta principal. Cuenta con un sistema tratamiento basado en una trampa de grasas y clarificación como tratamiento primario.

Al realizar la revisión bibliográfica y estudiar sistemas de tratamiento para las industrias lácteas, como las mostradas anteriormente, se plantea una base para analizar los tratamientos adecuados en la remoción de contaminantes en la Empresa de Lácteos IBEL comparando los procesos investigados respecto a los existentes en plantas de tratamiento en el sector lácteo.

3.2.1 Grasas y aceites. La remoción de este parámetro se da principalmente mediante pretratamientos ya que son de menor costo y aportan un alto porcentaje de remoción, sin embargo, la implementación de otros métodos alcanza altos porcentajes de remoción aumentando los costos. Se evaluarán dos alternativas según se muestra a continuación:

- **Trampa de grasas:** se busca reducir al menos el 90% de las grasas y aceites presentes mediante la diferencia de densidades. Este sistema es el más utilizado en la reducción de este parámetro y su implementación es de bajo costo.
- **DAF (Filtración por aire disuelto):** es un proceso de separación de partículas sólidas, líquidas (grasas y aceites), fibras y otras con una baja de densidad. Este proceso se realiza cuando se introduce aire a un medio líquido, donde por medio de la formación de burbujas se forma una capa de menor densidad la cual

contiene impurezas como grasas, aceites y los demás sólidos que se encuentren.

3.2.2 pH. El proceso llevado a cabo con la finalidad de regular el nivel de pH es la neutralización. Debido a que se obtuvo un valor ácido de pH, es necesario neutralizarlo mediante la implementación de bases de bajo costo como lo son el hidróxido de sodio y la CAL, ambas son de bajo costo y presentan igual grado de eficiencia. Es importante la neutralización si se requiere obtener resultados favorables en procesos posteriores como la coagulación y floculación los cuales requieren reactivos en rangos específicos de pH.

3.2.3 DBO (Demanda biológica de oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno). En la industria láctea, estos parámetros son altamente influyentes, por lo cual es importante adaptar métodos que aseguren su reducción, para esto se proponen tres métodos con el fin de buscar el más eficiente y así mismo se adapte a la industria estudiada.

- **Floculación y Coagulación:** esta técnica es llevada a cabo agregando simultáneamente el coagulante y floculante escogido en el desarrollo experimental, y, mediante agitación, obtener el agua tratada con las condiciones óptimas.
- **Lodos activados:** consiste en una masa floculante de microorganismos donde se encuentra materia orgánica muerta y materiales inorgánicos; este proceso tiene una superficie altamente activa a fin de llegar a realizar una reducción de materiales coloidales y suspendidos.
- **Oxidación con peróxido de hidrógeno:** la oxidación es utilizada en tratamientos de agua con el fin de lograr una remoción de materia orgánica para esto son utilizados varios oxidantes, el más utilizado es el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) un oxidante versátil, potente y seguro, tiene un potencial de oxidación de $1.8V^{21}$. Las principales características del oxidante a trabajar es el control de olores, corrosión y eliminación de DBO_5 Y DQO .

3.2.4 Sólidos suspendidos totales. La manera más eficiente de eliminar los sólidos presentes luego de llevar a cabo tratamientos preliminares es mediante el uso de filtros. Los filtros son clasificados según la materia prima a usar y su tecnología, para ello, se evaluaron tres tipos de filtro.

²¹ FORERO, Jorge; ORTIZ, Olga y RIOS Fabián. Aplicación de procesos de oxidación avanzada como tratamiento de fenol en aguas residuales industriales de refinería. Bucaramanga, Colombia. 2005. En Ciencia Tecnología y Futuro: <http://www.scielo.org.co/pdf/ctyf/v3n1/v3n1a08.pdf>

- **Filtros naturales:** la filtración por medio natural es una de las formas más sencillas de separar sólidos en suspensión y mejorar el olor del agua a filtrar esto sucede porque pasa por varios medios granulares como son carbón activado, grava gruesa y fina y arena este filtro debe contar con un sistema de retro lavado con flujo contrario al flujo trabajado para la filtración, es decir, si el filtro funciona de manera descendente el lavado se deberá realizar ascendentemente.
- **Filtros biológicos:** este filtro se utiliza para la interacción de agua residual con la biomasa la cual se encuentra en un soporte fijo con el objetivo de reducir la carga orgánica. Utiliza como medio filtrante grava u otros materiales naturales o sintéticos acompañados de una colonia de microorganismos.
- **Filtros de carbón activado:** el carbón activado es una materia prima derivada del carbono con la capacidad de remoción de contaminantes orgánicos gracias a sus propiedades adsorptivas. Es uno de los más utilizados para tratamientos de aguas con el fin de remover color, olor, sabor, residuos orgánicos, metales pesados entre otros.

3.3 CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Con el fin de determinar la alternativa óptima en la reducción de cada uno de los parámetros, se lleva a cabo la implementación de los aspectos más relevantes con respecto a las necesidades tanto de la empresa como del proceso. Para ello, se evaluaron tres factores: viabilidad técnica, viabilidad operativa y viabilidad económica²² con sus respectivos indicadores y así llevar a cabo la matriz de selección.

- **Viabilidad técnica:** este factor hace referencia a los requerimientos técnicos teniendo en cuenta cuatro indicadores de evaluación: porcentaje de remoción, espacio, vida útil y tiempo de implementación como se observa en el **Cuadro 5**.

²² LEITON, Miguel, SEDANO, Paula. Desarrollo de una propuesta de mejora para la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa de lácteas inversiones FASULAC LTDA. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América.

Cuadro 5. Indicadores seleccionados en la viabilidad técnica

Variable	Descripción
Porcentaje de remoción	Corresponde al valor teórico de remoción de cada uno de los parámetros críticos como son: DBO ₅ DQO, SST, pH, grasas y aceites. Se busca siempre la alternativa con mejores resultados.
Espacio estructural	Este indicador hace énfasis en las dimensiones de equipos y espacio adicional a ocupar dentro de la planta en cada una de las alternativas, eligiendo el adecuado según el área de la empresa.
Tiempo de implementación	Tiempo requerido para llevar a cabo el montaje de la alternativa a implementar. Esto se debe dar en el menor tiempo posible.
Vida útil	Se refiere a la vida útil de la alternativa propuesta respecto a equipos o montajes adicionales. Debido al constante uso se presentan desgastes o deterioro razón por la cual se buscan alternativas con mayor tiempo de servicio.

Fuente: elaboración propia

Al momento de realizar las cotizaciones de equipos es necesario determinar si estos cuentan con disponibilidad nacional. Para los sistemas de tratamientos primarios existen empresas para el diseño y venta tanto a nivel distrital como nacional en acero inoxidable y según las medidas de diseño necesarias.

- **Viabilidad operativa:** este factor evalúa la disposición con respecto al recurso humano, es decir, la correspondiente capacitación, factibilidad de operación y tiempo de operación con el fin de tener un correcto funcionamiento en el proceso como se observa en el **Cuadro 6**.

Cuadro 6. Indicadores seleccionados en la viabilidad operativa

Variable	Descripción
Capacitación de personal	Según la alternativa se hace necesario capacitar al personal con el fin de lograr el correcto funcionamiento, adquirir los conocimientos y habilidades necesarias, los cuales, en algunos casos requerirán de menor grado de complejidad.
Tiempo de operación	Este indicador se enfoca al tiempo necesario para cumplir con los requerimientos de la alternativa optimizando el tiempo con respecto a la eficiencia del proceso.
Factibilidad operativa	Este indicador va ligado a la capacitación, refiriéndose a la facilidad de la alternativa en el manejo de equipos y demás, buscando la simplicidad de los procesos.

Fuente: elaboración propia

- **Viabilidad económica:** En este factor se estudian los aspectos económicos involucrados tanto en la implementación de la alternativa, como en su operación y mantenimiento como se observa en el **Cuadro 7**.

Cuadro 7. Indicadores seleccionados en la viabilidad económica

Variable	Descripción
Costos de mantenimiento	Similar al tiempo de vida útil, este indicador se refiere al desgaste o control de la calidad de los equipos, donde se busca reducir estos costos.
Costos de implementación	Se refiere al capital de inversión por alternativa para llevar a cabo el proceso: equipos y montajes adicionales. La inversión debe ser mínima.
Costos de operación	Se evalúa el costo de reactivos, materias primas, insumos, energía, servicios industriales personal y gastos en cada alternativa. La reducción en estos favorece la economía del proceso.

Fuente: elaboración propia

3.4 MATRIZ DE SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Para llevar a cabo el estudio metodológico en cada uno de los métodos propuestos, se diseñó una matriz de evaluación donde se evalúa cada uno de los indicadores en un rango de 0 a 3 según la **Tabla 8** siendo 0 el nivel más bajo y 3 el más alto.

Como los valores fueron otorgados en base a la revisión bibliográfica, donde se observó la asignación de un peso con un valor numérico entero siendo el menor número el menos favorable y el valor más alto como el de mejores resultados. Así mismo, se otorga el peso con la asesoría profesional de docentes y de la empresa.

Tabla 8. Calificación de indicadores para la matriz de selección

Nivel	Calificación
Deficiente	0
Malo	1
Bueno	2
Excelente	3

Fuente: elaboración propia

Se desarrolló una matriz para cada uno de los parámetros a reducir con el fin de establecer el método adecuado en la remoción de cada uno y su posterior selección para la alternativa final. La elección de la alternativa dependerá del mayor valor en la sumatoria según la calificación otorgada en cada indicador.

3.4.1 Grasas y aceites. A partir del estudio llevado a cabo, se evaluaron cada uno de los indicadores en las propuestas, obteniendo la mayor calificación en la implementación de una trampa de grasas, la cual, resulta una opción favorable ya que su manejo es sencillo y presenta un porcentaje de remoción aceptable a partir de la matriz mostrada en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Matriz de selección para la alternativa en la remoción de grasas y aceites.

	Trampa de grasas	DAF (Flotación por aire disuelto)
<i>Viabilidad técnica</i>		
Porcentaje de remoción de G y A	2	3
Espacio estructural	3	1
Tiempo de implementación	2	1
Vida útil	2	2
<i>Viabilidad operativa</i>		
Capacitación del personal	3	1
Tiempo de operación	2	3
Factibilidad operativa	3	1
<i>Viabilidad económica</i>		
Costos de mantenimiento	2	1
Costos de implementación	3	0
Costos de operación	3	1
<i>Total</i>	25	14

Fuente: elaboración propia

Con respecto a la viabilidad técnica, el porcentaje de remoción es alto en la disminución del parámetro crítico, esta requiere de un espacio estructural bajo para su adaptación, favoreciendo la optimización del espacio disponible para la planta de tratamiento de aguas. Otro factor importante, es su tiempo de implementación ya que es un sistema sencillo y presenta una vida útil prolongada con respecto a la otra alternativa propuesta.

La viabilidad operativa favorece la implementación de una trampa de grasas ya que no genera altos gastos de capacitación, por lo tanto, su manejo es sencillo y no dispone de un operario presente para su puesta en marcha.

Por último, los costos de inversión son bajos con respecto al montaje de un DAF, es accesible para empresas PYMES, no requiere de personal adicional para su operación representando la mejor alternativa.

3.4.2 DBO (Demanda biológica de oxígeno) y DQO (Demanda Química de Oxígeno). La remoción de DBO y DQO resultan de gran importancia debido a que son parámetros críticos en las aguas industriales. Para ello se buscan las alternativas más eficientes y accesibles como se evidencia en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Matriz de selección para la alternativa en la remoción de DBO y DQO

	Coagulación y floculación	Lodos activados o tratamientos biológicos	Oxidación
<i>Viabilidad técnica</i>			
Porcentaje de remoción de DBO y DQO	2	3	2
Espacio	3	1	3
Tiempo de implementación	2	1	2
Vida útil	2	1	2
<i>Viabilidad operativa</i>			
Capacitación del personal	2	1	2
Tiempo de operación	3	3	2
Factibilidad operativa	3	1	3
<i>Viabilidad económica</i>			
Costos de mantenimiento	3	1	3
Costos de implementación	3	1	3
Costos de operación	2	2	2
Total	25	15	24

Fuente: elaboración propia

A partir del estudio llevado a cabo, tratamientos como coagulación, floculación presentan porcentajes altos en la reducción de los parámetros dado que, al darse la desestabilización de partículas, seguido por la colisión de estas y la formación del floc se presenta la aglomeración de materia orgánica. Debido a que en el sector lácteo se generan altas cantidades de carga contaminante orgánica, son procesos afines a su remoción.

Esta alternativa, presenta una viabilidad técnica favorable, ya que al elegir el reactivo indicado y las dosis necesarias se obtienen mejores resultados respecto a otros procesos. Aunque la oxidación presenta resultados favorables, este proceso tienen un alto grado de sensibilidad debido al oxígeno disponible y los microorganismos presentes, razón por la cual, no es favorable su implementación. Para su funcionamiento, se requiere de personal capacitado en el manejo de reactivos y de equipo similar a la oxidación, sin embargo, esta última requiere un tiempo para oxidar, disminuyendo la optimización de tiempo. La floculación y coagulación son de fácil manejo y requiere un tiempo de acción menor.

El capital de inversión es necesario para cumplir con el propósito de estos sistemas, por lo cual, es importante estudiar el costo de mantenimiento y operación, los cuales dependerán de los reactivos a utilizar y sus respectivas dosificaciones. El mantenimiento de equipos dependerá de la vida útil y el desgaste en la operación, sin embargo, no representa valores significativos.

3.4.3 Sólidos suspendidos totales. La implementación de un filtro posterior a los tratamientos seleccionados, no solo ayudan a la reducción de sólidos suspendidos totales, ya que según el medio filtrante se puede presentar la remoción de olor, color y demás parámetros. Se estudiaron tres filtros como se observa en la **Tabla 10**.

Tabla 11. Matriz de selección para la alternativa en la remoción de SST

	Filtración natural	Filtros biológicos	Filtros con carbón activado
<i>Viabilidad técnica</i>			
Porcentaje de remoción de SST	2	3	3
Espacio estructural	3	1	3
Tiempo de implementación	2	1	2
Vida útil	2	1	1
<i>Viabilidad operativa</i>			
Capacitación del personal	3	1	3
Tiempo de operación	3	3	3
Factibilidad operativa	3	1	3
<i>Viabilidad económica</i>			
Costos de mantenimiento	1	1	1
Costos de implementación	3	1	2
Costos de operación	3	1	2
Total	25	14	23

Fuente: elaboración propia

En el tratamiento de aguas se usan generalmente filtros naturales, de carbón activado o una mezcla de estos logrando altos porcentajes de remoción. El estudio llevado a cabo indica la factibilidad de usar un filtro natural con respecto a costos eficiencia.

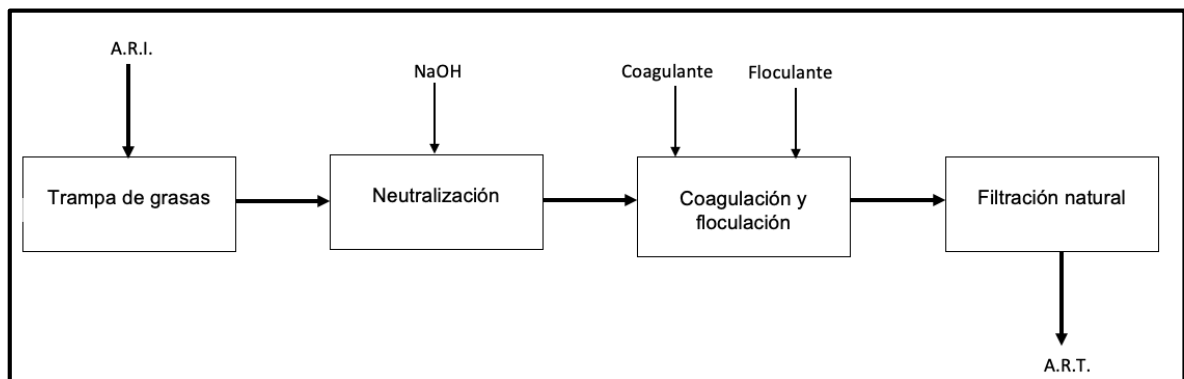
Con respecto a la viabilidad técnica, un filtro natural con arena, grava y carbón activado representa una alternativa viable ya que teóricamente posee altos porcentajes de remoción, su implementación no requiere de un espacio significativo, y el tiempo de acción suele ser suficiente para obtener resultados óptimos. Los filtros se pueden adaptar a sistemas de retro lavado con agua en contraflujo con el fin de recuperar el caudal de filtración. La vida útil del material filtrante representa un factor negativo ya que necesita de un constante cambio cuando este se satura, lo que ocasiona un constante cambio representado en los aspectos económicos.

Para su funcionamiento, no requiere capacitación rigurosa, son de fácil manejo donde solo se controlan caudales de entrada y salida. El tiempo de acción de la alternativa dependerá del material filtrante y el caudal disponible, a pesar de esto, el tiempo de retención en los filtros es mínimo.

La viabilidad económica se ve afectada en los costos de operación, como se mencionó anteriormente, según el material filtrante se requiere un constante cambio de este, especialmente si se emplea carbón activado. Así mismo, el mantenimiento en los tanques antes de requerir un cambio del material filtrante debe disponer de materias primas para el lavado de este si es viable su reutilización. El costo de implementación es viable con respecto a otras alternativas propuestas como el filtro biológico.

3.4.4 Selección del sistema de tratamiento. Llevando a cabo el estudio en el cual se tomaron en cuenta los tratamientos más apropiados para cada parámetro y su viabilidad en tres factores: técnico, económico y operativo, se determina un proceso general de tratamiento con los procesos más significativos en cada caso. El sistema de tratamiento planteado se resume en la **Figura 24**.

Figura 24. Diagrama para la alternativa del sistema de tratamiento



Fuente: elaboración propia

3.5 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE REACTIVOS COAGULANTES

En la selección de los criterios a evaluar para la elección de coagulantes, es necesario tener en cuenta los requerimientos de la empresa donde se establecen costos bajos y fácil acceso al reactivo, la seguridad industrial ya que este es primordial al manejar productos químicos y, así mismo, factores que puedan afectar el estudio tales como su uso en rangos de pH adecuado o la industria optima de aplicación en cada uno de los reactivos a analizar según se muestra en el **Cuadro 8**.

Cuadro 8. Criterios de selección de reactivos coagulantes

Variable	Descripción
Disponibilidad	Hace referencia a la accesibilidad del reactivo a nivel nacional teniendo en cuenta una localización cercana al sitio del tratamiento, al tiempo de acceso.
Facilidad de compra	El costo del reactivo es importante según requerimientos de la empresa, por lo tanto, es necesario buscar coagulantes con bajo costo para su uso en el sistema tratamiento.
Seguridad industrial	El manejo de productos químicos implica el uso de protección personal y el adecuado manejo de las sustancias. Por esto, es necesario estudiar cada reactivo y las implicaciones que conlleva su uso tanto para la persona quien manipule como su almacenamiento.
Efectividad a pH básico	Según la normativa estudiada, es necesario manejar el sistema en pH entre 6-9, por lo tanto, el sistema de tratamiento debe cumplir con este rango de pH y así mismo el reactivo debe ajustar su efectividad a este rango de pH
Efectividad en la remoción de contaminantes para la industria láctea	La industria láctea, al poseer altas cargas orgánicas requiere de coagulantes específicos a trabajar en esa industria y que en su empleo logren altos porcentajes de remoción según estudios ya realizados previamente bibliográficamente.

Fuente: elaboración propia

3.6 MATRIZ DE SELECCIÓN DE REACTIVOS COAGULANTES

Para la selección de los reactivos a utilizar en el desarrollo experimental, se realizó un estudio de viabilidad a partir de matrices de selección basadas en la Matriz PUGH, donde, suponiendo un criterio base se asignan valores a los indicadores estudiados de 0, 1 o -1 dependiendo en si su aporte es mejor, peor o de igual importancia²³, según se muestra en la **Tabla 12**.

Tabla 12. Criterios para la ponderación en la matriz de selección

Valoración	Puntuación
De similar importancia al criterio base	0
Mejor al criterio base	+1
Peor al criterio base	-1

Fuente: PDAC. Disponible en: <https://www.pdcahome.com/2569/matriz-de-pugh-ayuda-a-la-toma-de-decisiones/>

²³ PDAC. Disponible en: <https://www.pdcahome.com/2569/matriz-de-pugh-ayuda-a-la-toma-de-decisiones/>

A partir de la revisión bibliográfica llevada a cabo, se determinan cinco coagulantes significativos debido a su frecuencia de uso y sus porcentajes de remoción, además, el sulfato de aluminio es el reactivo de mayor uso para tratamiento de aguas en este tipo de industrias, razón por la cual para el análisis de selección es elegido como criterio base de comparación.

Con base al pH a trabajar, se pueden encontrar diferentes tipos de coagulantes tales como sulfato de aluminio tipo A, policloruro de aluminio, cloruro férrico, sulfato férrico y aluminato sódico entre los más empleados para tratamientos en la industria láctea.

Los indicadores por evaluar son elegidos en base a requerimientos económicos, técnicos y de seguridad necesarios en la implementación del reactivo en el tratamiento según se muestra en el **Cuadro 9**.

Cuadro 9. Matriz de selección de coagulantes

		Criterios				
		Al ₂ (SO ₄) ₃	PAC	Fe ₃ CL ₂	Fe ₂ (SO ₄) ₃	NaAlO ₂
Conceptos	Disponibilidad	=	0	0	0	-1
	Facilidad de compra	=	-1	0	0	-1
	Seguridad industrial	=	-1	0	0	-1
	Efectividad a pH básico	=	0	1	-1	-1
	Efectividad en la remoción de contaminantes para la industria láctea	=	0	0	-1	-1
Total		0	-2	1	-2	-5

Fuente: elaboración propia

El sulfato de Aluminio Tipo A, es el coagulante de mayor uso en la remoción de contaminantes, debido a sus altos grados de eficiencia y la disponibilidad y costo en el mercado.

El PAC, logra porcentajes de remoción mayores al 90%²⁴, sin embargo, su disponibilidad es accesible pero su costo es más elevado a diferencia de coagulantes como cloruro férrico o sulfato de aluminio con porcentajes de remoción similares o mayores. Otro aspecto importante, es su incompatibilidad con cloruros en su almacenaje²⁵, siendo un factor determinante para uso si en el tratamiento de aguas se desea aplicar procesos de cloración.

²⁴ KEMIRA. Disponible en: [http://www.anig.org.mx/pqta/pdf/Optifloc%201590%20\(MSDS\).pdf](http://www.anig.org.mx/pqta/pdf/Optifloc%201590%20(MSDS).pdf)

²⁵ IBID

El cloruro férrico es uno de los coagulantes más usados con porcentajes de remoción superiores al 70 %, su uso en pH básico favorece el cumplimiento con la normativa, además de complementar la acción de un polímero aniónico²⁶. Su disponibilidad en el mercado es alta y sus costos son bajos, sin embargo, presenta coloración del agua con su uso.

El sulfato férrico es eficiente ya que produce flóculos grandes y densos que decantan rápidamente, su disponibilidad es alta y sus costos son bajos comparados con otros coagulantes como PAC²⁷. Sin embargo, al funcionar establemente en pH desde 4, limita el uso de coagulantes aniónicos y el rango de pH necesario para el cumplimiento de la normativa, además de aportar coloración al agua tratada.

El aluminato sódico es un coagulante usado en la industria láctea, con un uso menos habitual debido a su empleo para eliminar principalmente color a pH bajo. Su disponibilidad es baja y se consigue a costos altos debido a esto²⁸.

Al llevar a cabo el estudio, se decide trabajar los tres coagulantes con mayor uso y porcentajes de remoción, siendo prioritario el rango de pH, para así proceder a elegir sulfato de aluminio, cloruro férrico y PAC para el desarrollo experimental a realizar.

3.7 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE REACTIVOS FLOCULANTES

La elección del floculante va ligada al pH en el cual se va a trabajar, ya que dependiendo el tipo se determina el floculante. Al requerir trabajar en pH entre 6-9 es viable trabajar con polímeros floculantes de tipo aniónico o no iónicos, debido a que los polímeros floculantes catiónicos son efectivos en pH ácido. Los polímeros floculantes fueron proporcionados por la empresa LIPESA de tres tipos: aniónicos de carga alta, aniónicos de carga baja y no iónico, siendo estos los reactivos con los cuales se llevará a cabo el estudio a nivel laboratorio para elegir el floculante óptimo para el tratamiento del agua.

²⁶ AXIQUIM S.A. Disponible en: http://www.asiquim.com/nwebq/download/HDS/Cloruro_Ferrico.pdf

²⁷ KEMIRA. Disponible en: [http://www.aniq.org.mx/pqta/pdf/PIX-XL208%20\(MSDS\).pdf](http://www.aniq.org.mx/pqta/pdf/PIX-XL208%20(MSDS).pdf)

²⁸ BORSUA. Disponible en: <https://borsua.com/wp-content/uploads/2018/05/Hoja-de-seguridad-Aluminato-de-Sodio.pdf>

4. DESARROLLO EXPERIMENTAL DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO

El tratamiento de mejora para el agua residual industrial debe ser evaluado mediante análisis a nivel laboratorio, en los cuales, se debe establecer las concentraciones de los reactivos a usar, la eficiencia de cada uno, y demás parámetros de operación necesarios para llevar a cabo el sistema. En esta unidad se llevará a cabo la metodología necesaria para la correspondiente evaluación.

4.1 PRE EXPERIMENTACIÓN

En esta etapa, se procede a evaluar las alternativas propuestas en el capítulo anterior mediante desarrollos experimentales para así determinar su efectividad, tiempos en la remoción de los parámetros, reactivos adecuados y obtener una base para llevar a cabo una experimentación posterior.

4.1.1 Trampa de grasas. La reducción de grasas y aceites presentes en el agua residual se lleva a cabo mediante sistemas de precipitación en los cuales, se busca obtener la menor cantidad de grasas. Para la elaboración de la trampa de grasas, se tomó un recipiente plástico de 20 L, el cual se cortó en uno de los costados. Con una lámina de polietileno se realizaron dos placas las cuales actuaban como barrera, estas fueron ubicadas en el recipiente de manera horizontal a lo largo de este: la primera dejando una abertura libre en la parte inferior y la segunda en la parte superior con el fin de permitir el paso de agua entre los compartimientos.

Basados en el libro teoría y principios de diseño se realizó un modelo experimental de una trampa de grasas, los datos del diseño son mostrados en la **Tabla 13** los cuales fueron calculados teniendo en cuenta el caudal a tratar a nivel laboratorio y las especificaciones de diseño dadas por el autor en el libro Teoría y Principios del Diseño.

Tabla 13. Especificaciones técnicas de la trampa de grasas experimental

Parámetro	Valor
Caudal (m ³ /s)	4,08x10 ⁻⁵
Diámetro de entrada (m)	0,048
Área de entrada (m ²)	1,81x10 ⁻³
Diámetro de salida (m)	0,028
Área de salida (m ²)	6,16x10 ⁻⁴
Área de placas (m ²)	4,51
Espacio libre inferior y superior (m)	0,05
Longitud (m)	0,38
Ancho (m)	0,28
Profundidad (m)	0,22
Volumen de la unidad (m ³)	0,02

Fuente: elaboración propia

Por la trampa mostrada en la **Figura 25**, se pasaron 0,025 m³ de agua residual de la planta atravesando el sistema a lo largo para disminuir contenido en sólidos suspendidos totales, grasas y aceites: en el primer compartimiento se retienen las partículas menos densas las cuales flotan, al segundo compartimiento ingresa el agua dejando las partículas de mayor peso las cuales quedan en el fondo de la trampa para obtener en el tercer compartimiento agua con mejores estándares de calidad suponiendo una eficiencia del 90% teórico²⁹ en el dispositivo con un caudal de salida de 0,0225 m³.

Figura 25. Funcionamiento de la trampa de grasas experimental.



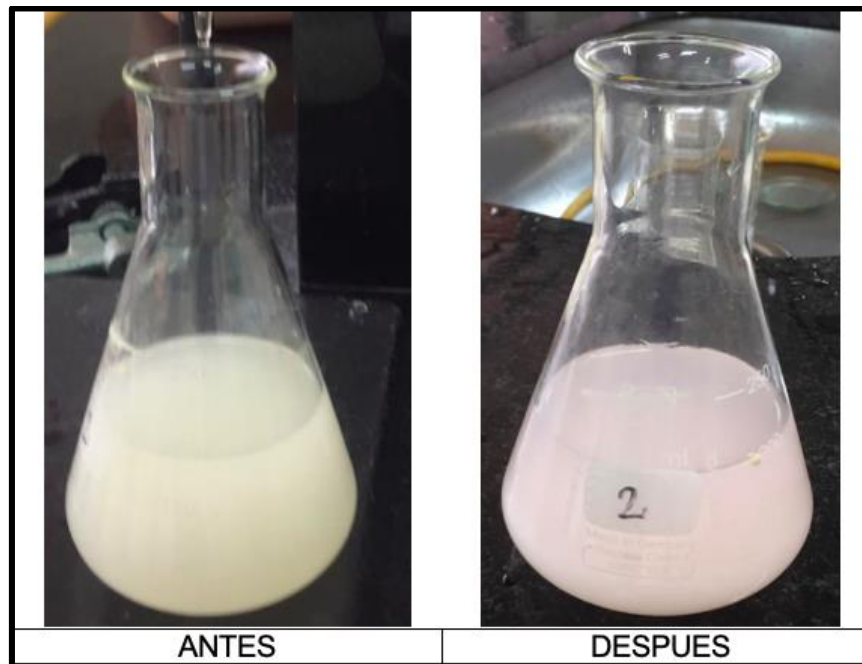
Fuente: elaboración propia

²⁹ CRUZ, Aura y SIERRA, Claudia. Propuesta de una alternativa de tratamiento de aguas residuales en la salsamentaria El Bohemio. Trabajo de grado ingeniería química. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de ingenierías. 2016., p. 128

4.1.2 Neutralización. Dado que para algunos procesos es necesario un pH básico con el fin de obtener resultados óptimos, es necesario llevar a cabo este proceso con el fin de lograr tratamientos de coagulación y floculación efectivos, además la neutralización de pH es importante para el vertimiento del agua residual según la normativa establecida. Al llevar a cabo la caracterización del agua residual, se observó un pH ácido, siendo necesario la adición de una base para llegar a pH altos.

Primero se preparó una solución de hidróxido de sodio al 10 % el cual fue elegido como base titulante y fenolftaleína como titulador. Se tomaron 200 mL de agua residual en un Erlenmeyer agregando NaOH agitando la mezcla hasta obtener una coloración rosada constante por 30 segundos se muestra en la **Figura 26**, conociendo así la concentración para llegar al pH requerido, para este caso de 8,25 el cual fue medido al neutralizar una solución de 800 mL de agua residual necesaria para llevar a cabo el test de jarras.

Figura 26. Neutralización del agua residual con NaOH.



Fuente: elaboración propia

Posteriormente, mediante la **Ecuación 6** se determina la concentración para neutralizar 800 mL de agua residual, siendo este el volumen a usar en cada uno de los Beaker para el ensayo de jarras.

Ecuación 6. Formula general de disoluciones.

$$C_1V_1 = C_2V_2$$

Donde

C₁: Concentración desconocida

C₂: Concentración de NaOH

V₁: Volumen de agua residual industrial a neutralizar

V₂: Volumen de NaOH necesario para estabilizar el pH

Según lo trabajado en laboratorio, se obtiene:

$$C_1 = \frac{C_2 V_2}{V_1} = \frac{200 \text{ mL} * 5}{800 \text{ mL}} = 1,25$$

El valor obtenido de la concentración uno permite conocer la concentración con la cual se neutraliza 800 mL de agua residual, es decir, se necesitan 1,25 veces la concentración dos correspondiente a 6,25 mL. Conociendo el volumen de NaOH, se neutralizo cada uno de los Beaker y se midió pH corroborando el valor de 8,25 en cada uno y así proceder a la prueba de jarras.

4.1.3 Coagulación y floculación: Test de jarras. El proceso de coagulación y floculación se lleva a cabo luego de neutralizar el agua, esto con el fin de tener el pH óptimo para la utilización de los reactivos seleccionados. La evaluación es llevada a cabo en un equipo de jarras con el fin de determinar el reactivo apropiado para el tratamiento y su correspondiente dosificación.

4.1.3.1 Descripción de reactivos. Para llevar a cabo la evaluación del coagulante y floculante óptimo se tomaron tres reactivos en cada caso los cuales fueron elegidos al llevar a cabo la correspondiente revisión bibliográfica y evaluar su efectividad en el proceso. La descripción de cada uno es mostrada a continuación donde se especifican las características y condiciones para su uso. Las fichas técnicas de los reactivos usados son mostradas en el **ANEXO F** y **ANEXO G**.

- **Coagulantes:** los reactivos usados como coagulantes fueron proporcionados por el laboratorio de la Fundación Universidad de América. Sus respectivas descripciones son mostradas en el **Cuadro 10**.

Cuadro 10. Descripción de coagulantes

Reactivo	Descripción
Cloruro Férrico (FeCl ₃)	Posee una alta efectividad trabajando en amplios rangos de pH y temperatura favoreciendo la coagulación, sin embargo, su uso genera una coloración y turbiedad en el agua, lo cual conlleva a un proceso adicional en el tratamiento. Es de bajo costo y en algunos casos tiene alto rendimiento sin el uso de floculante, además, su aplicación en el tratamiento no genera aluminio residual.
Policloruro de aluminio (PAC)	Es uno de los más utilizados para el tratamiento de aguas debido a su alto grado de efectividad. Trabaja a pH altos, con un fuerte poder de coagulación requiriendo menos dosificación para obtener buenos resultados. Aunque su costo es accesible, no suele tener una fácil disposición, además, genera poco volumen de aluminio residual.
Sulfato de aluminio TIPO A (Al ₂ (SO ₄) ₃)	Debido a su fácil producción, posee un bajo costo y es el reactivo más usado en el tratamiento de aguas. Trabaja en rangos de pH entre 5-9 y tiene un alto grado de efectividad y desestabilización de las moléculas siendo óptimo en la remoción de contaminantes.

Fuente: elaboración propia con base en datos mostrados en las fichas de seguridad presentadas en el Anexo G

- **Floculantes:** la adición de floculantes favorece el contacto entre los flóculos, turbiedad y color, ayudando a la formación y aglomeración del floc con el propósito de aumentar el tamaño y peso logrando una sedimentación efectiva. Para el ensayo, no se llevó a cabo la utilización de floculantes catiónicos debido a que su efectividad es notoria en pH bajos. Los reactivos fueron proporcionados por LIPESA en presentación sólida. La descripción de cada reactivo es mostrada en el **Cuadro 11**.

Cuadro 11. Descripción de floculantes

Reactivo	Descripción
L-1538	Es un polímero de carga aniónica alta, con alto peso molecular y trabaja en un rango de pH amplio: 1 a 12. Tiene un alto rendimiento necesitando dosis bajas para la remoción de contaminantes.
L-1547 M	Es un polímero de carga aniónica baja, con alto peso molecular y trabaja en un rango de pH amplio. Tiene un alto rendimiento necesitando dosis bajas para la remoción de contaminantes.
L-1550 A	Es un polímero no iónico, con alto peso molecular y trabaja en un rango de pH de 5 a 8. Tiene un alto rendimiento necesitando dosis bajas para la remoción de contaminantes.

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por LIPESA

4.1.3.2 Test de jarras. El ensayo de jarras se realizó posterior a la neutralización del agua residual, teniendo como condiciones iniciales 18 °C, pH 8,25

de y turbiedad de 439,9 NTU. Con el fin de realizar un ensayo optimo, se establecieron condiciones de operación previamente las cuales se mantuvieron fijas en todos los ensayos.

Cuadro 12. Parámetros para test de jarras

	Parámetro	Valor
Mezcla rápida	Velocidad de agitación	100 rpm
	Tiempo de agitación	1 minuto
Mezcla lenta	Velocidad de agitación	20 rpm
	Tiempo de agitación	20 minutos
Sedimentación	Tiempo de sedimentación	15 minutos

Fuente: LEITON, Miguel, SEDANO, Paula. Desarrollo de una propuesta de mejora para la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa de lácteas inversiones FASULAC LTDA. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América.

Para los ensayos, es necesario conocer los valores de porcentaje de remoción e índice de Willcomb, para determinar los reactivos óptimos para este tipo de agua.

El porcentaje de remoción es calculado según la **Ecuación 7** acorde a las mediciones de turbidez.

Ecuación 7. Cálculo del porcentaje de remoción

$$\% \text{ Remoción} = \frac{T_{inicial} - T_{final}}{T_{inicial}} * 100$$

El índice de Willcomb permite determinar la efectividad de la combinación de reactivos coagulante-floculante mediante la calificación cuantitativa del comportamiento del floc basándose en parámetros como la formación, aglomeración, sedimentación y velocidad de sedimentación, otorgando un valor de 0 a 10 como se muestra en la **Cuadro 13**.

Cuadro 13. Índice de Willcomb

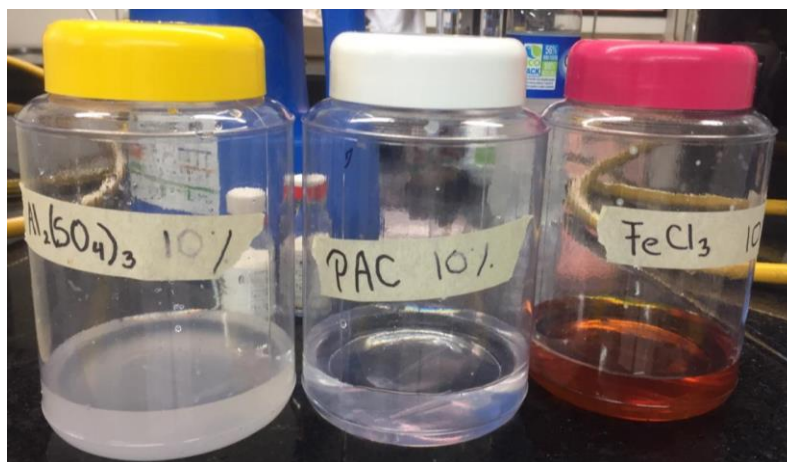
Número de índice	Descripción
0	No se presenta ningún signo de aglutinamiento, el floc presenta forma coloidal
2	Floc muy pequeño hasta el punto de ser casi imperceptible
4	Floc bien formado pero disperso por lo que presenta sedimentación muy lenta o nula
6	Floc bien formado y esponjoso, relativamente grande pero que sedimenta lentamente
8	Floc de buen tamaño que sedimenta rápidamente pero no de forma completa por lo que produce turbiedad en el agua
10	Floc que sedimenta por completo lo que permite obtener agua cristalina

Fuente: GALVIS, Nubia. Ensayos de tratabilidad del agua, una herramienta concluyente para el diseño de plantas de potabilización. Trabajo de grado maestría en el desarrollo sostenible y medioambiente. Manizales, Colombia: Universidad de Manizales. Facultad de ciencias contables, económicas y administrativas. 2014

Por último, se llevaron a cabo la preparación de soluciones para los reactivos debido a que se encontraban en estado puro, el procedimiento es mostrado a continuación.

- **Preparación de coagulantes:** se prepararon soluciones al 10 % p/v equivalente a 100 000 ppm como se observa en la **Figura 27**. El policloruro de aluminio se encontraba en estado líquido, se procedió a medir 20 mL y se aforo con agua destilada a 200 mL. En el caso del cloruro férrico y sulfato de aluminio, se encontraban en estado sólido, por lo cual, se midieron 20 g de reactivo y se diluyeron en 20 mL de agua destilada, seguidamente se aforó a 200 mL.

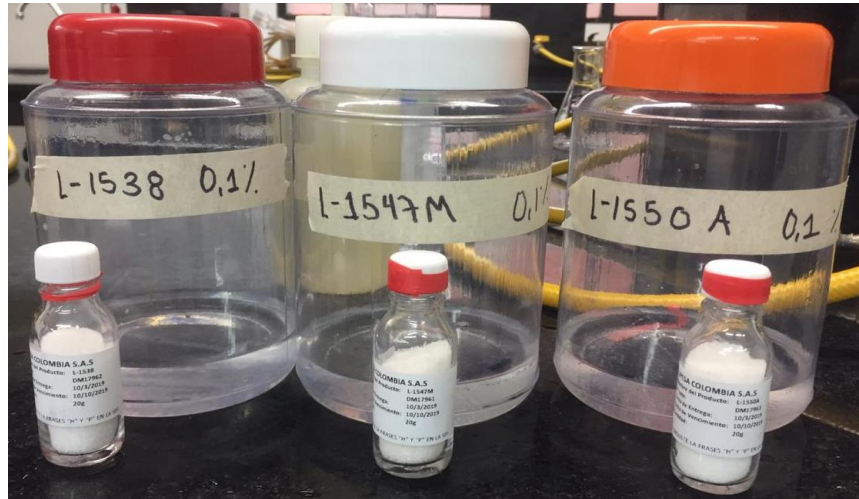
Figura 27. Soluciones de coagulantes al 10 %



Fuente: elaboración propia

- **Preparación de floculantes:** se prepararon soluciones al 0,1 % p/v equivalente a 1000 ppm como se observa en la **Figura 28**. Los tres reactivos se encontraban en estado sólidos, se midieron 0,5 g de reactivo y se diluyeron en 20 mL de agua destilada, luego se aforó a 500 mL.

Figura 28. Soluciones de floculantes al 0,1 %



Fuente: elaboración propia

Se realizaron cuatro test de jarras el primero para determinar el floculante adecuado para la formación del floc y los otros 3 tipos de jarras para determinar el coagulante óptimo, se establecieron 3 dosificaciones de 5, 10 y 15 mL para cada coagulante a estudiar en el test de jarras 2, 3 y 4 según la bibliografía consultada³⁰ como se muestra en el **Cuadro 14**.

³⁰ LEITON, Miguel, SEDANO, Paula. Desarrollo de una propuesta de mejora para la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa de lácteas inversiones FASULAC LTDA. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América

Cuadro 14. Resumen Ensayo Test de Jarras

Test de jarras	Reactivo	Dosificación (ppm)
1	PAC (10%)	6,8
	L-1538 (0,1%)	0,8
	L-1550 A (0,1%)	0,8
	L-1547M (0,1%)	0,8
2	FeCl ₃ (10%)	15,5
		29
		43,5
	L-1547 M (0,1%)	0,8
3	PAC (10%)	6,8
		13,6
		20,4
	L-1547 M (0,1%)	0,8
4	Al ₂ (SO ₄) ₃ (10%)	19,5
		13
		6,5
	L-1547 M (0,1%)	0,8

Fuente: elaboración propia

- **Test de jarras 1. Determinación del polímero floculante:** con el fin de establecer el floculante óptimo, se escoge un coagulante aleatorio, en este caso se eligió el PAC. Se tomaron tres Beaker con 800 mL de agua cada uno, se añadió el coagulante y se llevó a cabo una mezcla rápida para desestabilizar las partículas, luego se añadió en cada uno un polímero floculante como se observa en la **Tabla 14** y se mezcló lentamente para observar la formación del floc.

Tabla 14. Especificaciones Test de jarras 1

Parámetro	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3
Dosificación de NaOH (ppm)	6,812	6,812	6,812
Tipo de polímero floculante	L-1538	L-1550A	L-1547M
Dosificación de polímero floculante (ppm)	0,8	0,8	0,8
Dosificación de coagulante: PAC (ppm)	6,8	6,8	6,8
Turbidez (NTU)	439,9	19,41	12,92
pH	7,99	7,99	7,99
% Remoción	13,30	95,59	97,06
Índice de Willcomb	0	2	6

Fuente: elaboración propia

El polímero L-1547 M, elegido como floculante óptimo debido al alto porcentaje de remoción conociendo la turbiedad inicial de 439,9 NTU según se muestra a continuación.

$$\% \text{remoción} = \frac{439,9 - 12,92}{439,9} * 100 = 97,06 \%$$

El índice de Willcomb para este caso fue favorable presentando un valor de 6, según la **Figura 29**, donde se observa la formación de floc perceptible únicamente con el uso de este polímero a diferencia del L-1550 A y L-1538 donde se presenta mayor turbiedad. Su uso no altera el pH ya que este aún se encuentra en los rangos necesarios para la operación.

Figura 29. Test de jarras 1: Determinación del floculante



Fuente: elaboración propia

- **Test de jarras 2. Cloruro Férrico:** posterior a establecer el floculante optimo, se procede a evaluar cada coagulante, iniciando con el cloruro férrico variando su dosificación según la **Tabla 15**, con el fin de establecer su porcentaje de remoción y la dosis optima de uso para este reactivo.

Tabla 15. Especificaciones Test de jarras 2

Parámetro	Jarra 4	Jarra 5	Jarra 6
Dosificación de NaOH (ppm)	6.812	6.812	6.812
Dosificación de L-1547M (ppm)	0,8	0,8	0,8
Dosificación de coagulante: FeCl ₃ (ppm)	15,5	29	43,5
Turbidez (NTU)	239,2	8,41	346,1
pH	7,99	7,99	7,99
% Remoción	45,63	98,08	21,32
Índice de Willcomb	2	8	0

Fuente: elaboración propia

La dosificación de 10 mL presento los mejores rendimientos en la remoción de contaminante obteniendo agua casi cristalina a diferencia del uso de concentraciones mayores o menores.

$$\% \text{ remoción} = \frac{439,9 - 8,41}{439,9} * 100 = 98,08 \%$$

El cloruro férrico presenta el inconveniente de colorar el agua como se observa en la **Figura 30**, razón por la cual, su uso es opcional.

Figura 30. Test de jarras 2: Evaluación del cloruro férrico



Fuente: elaboración propia

- **Test de jarras 3. Policloruro de Aluminio:** de manera similar al ensayo anterior, se evaluó el policloruro de aluminio a tres concentraciones distintas como se muestra en la **Tabla 16**, para establecer efectividad de este coagulante y la dosificación óptima de remoción.

Tabla 16. Especificaciones Test de jarras 3

Parámetro	Jarra 4	Jarra 6	Jarra 5
Dosificación de NaOH (ppm)	6.812	6.812	6.812
Dosificación de L-1547M (ppm)	0,8	0,8	0,8
Dosificación de coagulante: PAC (ppm)	6,8	13,6	20,4
Turbidez (NTU)	2,69	182,8	467,3
pH	7,99	7,99	7,99
% Remoción	99,38	58,44	6,22
Índice de Willcomb	10	2	0

Fuente: elaboración propia

El uso de PAC para la remoción de contaminantes presenta altos rendimientos a concentraciones bajas.

$$\% \text{ remoción} = \frac{439,9 - 2,69}{439,9} * 100 = 99,38 \%$$

Se obtuvo agua cristalina y un floc bien formado con sedimentación rápida como se observa en la **Figura 31**. Debido a los resultados, se otorga un número de Willcomb de 10, siendo favorable para el uso de coagulante óptimo para el tratamiento del agua residual.

Figura 31. Test de jarras 3: Evaluación del policloruro de aluminio



Fuente: elaboración propia

- **Test de jarras 4. Sulfato de aluminio:** finalmente, se evaluó el uso de sulfato de aluminio como coagulante con el fin de determinar su efectividad y la dosificación óptima para la remoción de contaminantes según la **Tabla 17**.

Tabla 17. Especificaciones Test de jarras 4

Parámetro	Jarra 3	Jarra 2	Jarra 1
Dosificación de NaOH (ppm)	6.812	6.812	6.812
Dosificación de L-1547M (ppm)	0,8	0,8	0,8
Dosificación de coagulante: Al ₂ (SO ₄) ₃ (ppm)	19,5	13	6,5
Turbidez (NTU)	45,54	1,90	60,02
pH	7,99	7,99	7,99
% Remoción	89,64	99,56	86,32
Índice de Willcomb	8	10	4

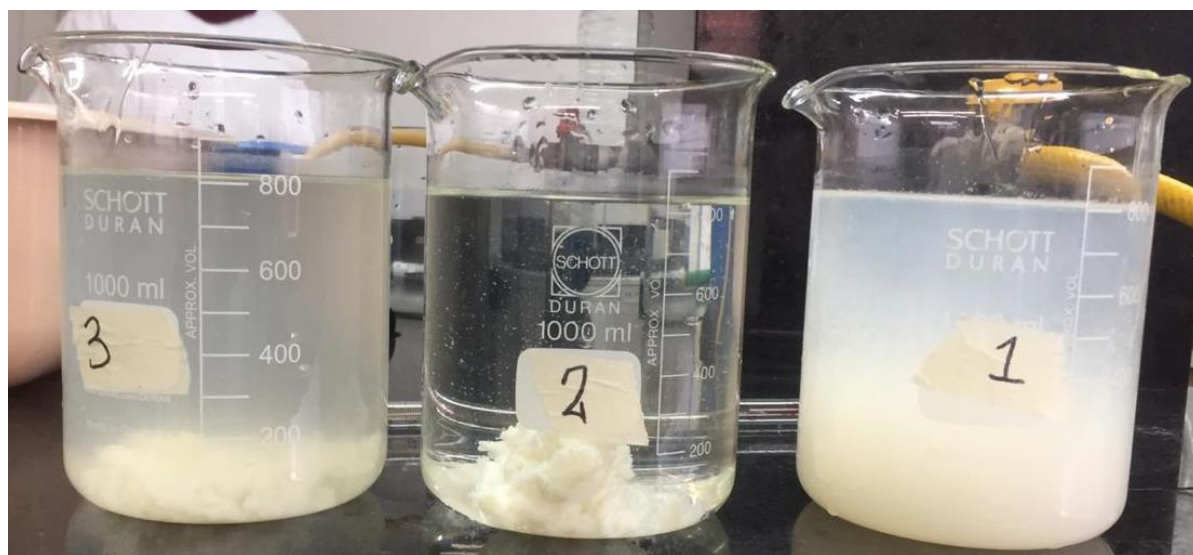
Fuente: elaboración propia

El sulfato de aluminio otorga los mejores resultados en porcentajes de remoción con respecto a otras concentraciones del reactivo y coagulantes según lo estudiado en otros test de jarras.

$$\% \text{ remoción} = \frac{439,9 - 1,90}{439,9} * 100 = 99,56 \%$$

El uso de una concentración de 10 mL obtuvo un índice de Willcomb de 10 ya que presenta un agua cristalina y un floc bien formado con rápida sedimentación como se evidencia en la **Figura 32**.

Figura 32. Test de jarras 4: Evaluación del sulfato de aluminio



Fuente: elaboración propia

De los ensayos de jarras realizados se puede concluir como coagulantes adecuados el policloruro de aluminio y el sulfato de aluminio, sin embargo, se elige el PAC como

coagulante óptimo debido a que presenta resultados similares al sulfato de aluminio, pero requiere una dosificación menor para la remoción de contaminante, generando menores costos en el proceso de tratamiento.

4.1.4 Filtración. Como etapa final de tratamiento, se realiza un proceso de filtración mediante un filtro natural con carbón activado. El filtro cuenta con un diámetro de salida de 0,04 m, un caudal de $1,1 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$, se encuentra en disposición descendente con tres materiales filtrantes ubicados de gruesos a finos: grava, arena y carbón activado, este último, se ubica en la parte inferior para evitar su saturación rápida, por último, se incorporó algodón con el fin de evitar filtraciones de suciedad como se muestra en la **Figura 33**.

Figura 33. Filtro natural con carbón activado, arena, grava y algodón



Fuente: elaboración propia

El propósito del filtro es eliminar las impurezas aun presentes en el agua residual como DBO, DQO, olor y color para dar características finales al agua tratada.

Con respecto a los datos de diseño mostrados en la **Tabla 18**, se calculó la velocidad de filtración con respecto al área de salida, correspondiente a $8,323 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ la cual indica el tiempo de retención en el filtro. La primera capa del filtro retiene partículas de mayor tamaño, la capa media se encarga de la retención de partículas pequeñas y la capa de carbón activado se encarga principalmente de la remoción de compuestos productores de olores. Entre mayor sea el tiempo de

filtración en cada una de las capas, se tendrá una mejor calidad del agua ya que se tiene un mayor contacto con el medio filtrante para mejorar la turbidez del agua.

Tabla 18. Datos experimentales del filtro

Parámetro	Valor
Diámetro de entrada (m)	0,14
Área de entrada (m ²)	0,0154
Altura del filtro (m)	0,17
Altura de grava (m)	0,04
Altura de arena (m)	0,04
Altura de carbón activado (m)	0,03
Altura libre min (m)	0,06
Diámetro de salida (m)	0,04
Área de salida (m ²)	1,2566x10 ⁻³
Caudal (m ³ /s)	1,0462x10 ⁻³
Velocidad de filtración (m/s)	8,323x10 ⁻⁴

Fuente: elaboración propia

4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA PRE EXPERIMENTACION

- **Descripción del muestreo:** para llevar a cabo la correspondiente caracterización de los parámetros estudiados luego de realizar un sistema de tratamiento experimental, se recolecto el agua tratada luego de pasar por todas las etapas propuestas.

Las muestras recolectadas fueron almacenadas en recipientes de plástico para el caso de pH y SST, DBO, DQO, mientras que Grasas y Aceites; se almacenaron en recipientes de vidrio según especificaciones del laboratorio. Los muestreos obtenidos se consideran compuestos debido a que se aplicó un tratamiento fisicoquímico. Los datos se resumen en la **Tabla 19**.

Tabla 19. Muestreo del agua tratada a nivel laboratorio de la empresa de Lácteos IBEL

Parámetro	Recipiente	Volumen de muestra (L)	Tipo de muestra
pH y SST	Plástico	0,75	Compuesta
DBO ₅	Plástico	1	Compuesta
DQO	Plástico	1	Compuesta
Grasa y Aceites	Vidrio	1	Compuesta

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por Laboratorio QUIMICONTROL LTDA.

- **Caracterización del agua:** se usaron técnicas básicas para la determinación de la cantidad de cada parámetro en la muestra. El laboratorio llevo a cabo la

medición de cada uno de los parámetros para determinar su valor en el agua tratada a analizar. Los datos obtenidos se muestran en la **Tabla 20**.

Tabla 20. Resultados de la caracterización de parámetros críticos del agua tratada experimentalmente de la empresa de Lácteos IBEL

Variable	Unidad	Método	Resultados
pH	Unidad	Electrométrico	6,64
DQO	mg/L O ₂	Volumétrico, Reflujo Cerrado	3227,5
DBO ₅	mg/L O ₂	Incubación Modificación de AZIDA	2188,8
SST	mg/L	Gravimetría, secado	38
Grasas y aceites	mg/L	Extracción Soxhlet	5,63

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por Laboratorio QUIMICONTROL LTDA.

De manera análoga a la primera caracterización, se realizaron las pruebas de los parámetros descritos en la **Tabla 20**.

- **Análisis de los parámetros críticos:** a partir de los resultados obtenidos del análisis realizado por el Laboratorio QUIMICONTROL, se procede a realizar la comparación de los parámetros con lo establecido en la Resolución 0631 de 2015 para determinar si se cumple o no con la normativa como se observa en la **Tabla 21**.

Tabla 21. Comparación de resultados

Parámetro	Unidad	Resolución 0631 de 2015	Valores iniciales	Laboratorio QUIMICONTROL	Nivel de cumplimiento
pH	Unidad	6,00 a 9,00	3,99	6,64	Cumple
DBO ₅	mg/L O ₂	450,00	1910,4	2188,8	No cumple
DQO	mg/L O ₂	250,00	3449,4	3227,5,4	No cumple
SST	mg/L	150,00	240	38	Cumple
Grasas y aceites	mg/L	20,00	526	5,63	Cumple

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por Laboratorio QUIMICONTROL LTDA. Y el MADS según la resolución 631 de 2015

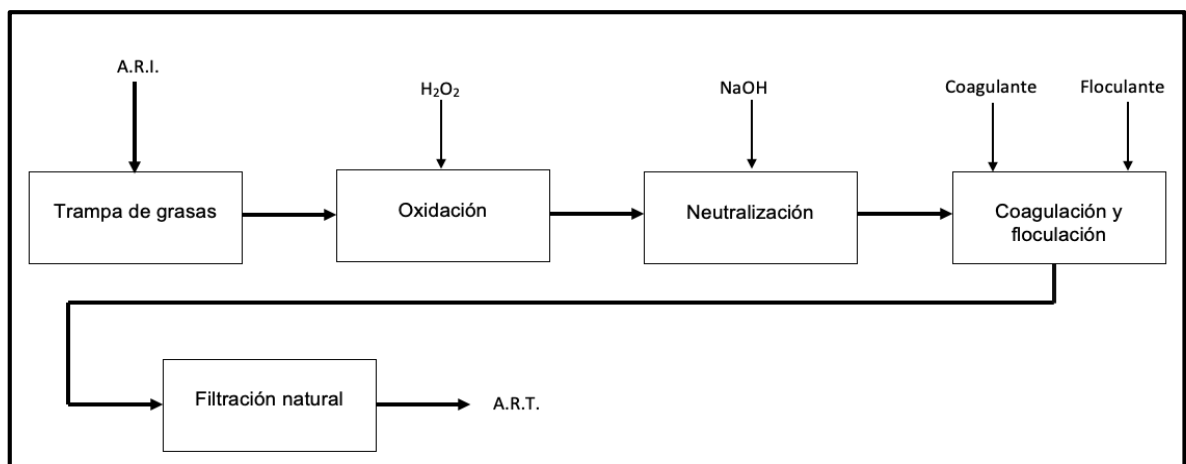
Con base a la comparación, se determina el incumplimiento en dos de los cinco parámetros analizados.

El DBO y DQO presentan aun valores por encima de la Resolución 0631 de 2015, razón por se determina la falta de tratamientos adicionales para favorecer las condiciones de estos análisis, se debe considerar el cambio de propiedades del

agua debido al transporte o el agua a analizar todos los días puede presentar variaciones respecto al agua analizada inicialmente. Se procede a plantear una nueva alternativa de diseño según la **Figura 34**, mediante la implementación de oxidación con peróxido de hidrógeno y la modificación de filtración usando únicamente carbón activado en estado granular y polvo. Se procede a realizar la etapa de experimentación.

La implementación de etapas adicionales se aprueba según las matrices de selección presentadas, donde se toman los tratamientos con valores altos de viabilidad con respecto a otros tratamientos planteados.

Figura 34. Diagrama para la alternativa de sistema de tratamiento



Fuente: elaboración propia con base en Microsoft Office Word

4.3 EXPERIMENTACION

La etapa de experimentación corresponde al experimento final para determinar concentraciones exactas de reactivos, la implementación de nuevas etapas siguiendo el proceso llevado a cabo en la pre-experimentación con el fin de mejorar las condiciones del agua tratada con respecto a la obtenida anteriormente.

4.3.1 Trampa de grasas. Se utiliza de manera similar a la etapa de pre-experimentación. Se realiza el pretratamiento de aguas pasando un flujo de agua de 15 L por la trampa de grasas con el fin de reducir el contenido de grasas y aceites presentes en la muestra, además de material particulado y así proceder a la siguiente etapa experimental.

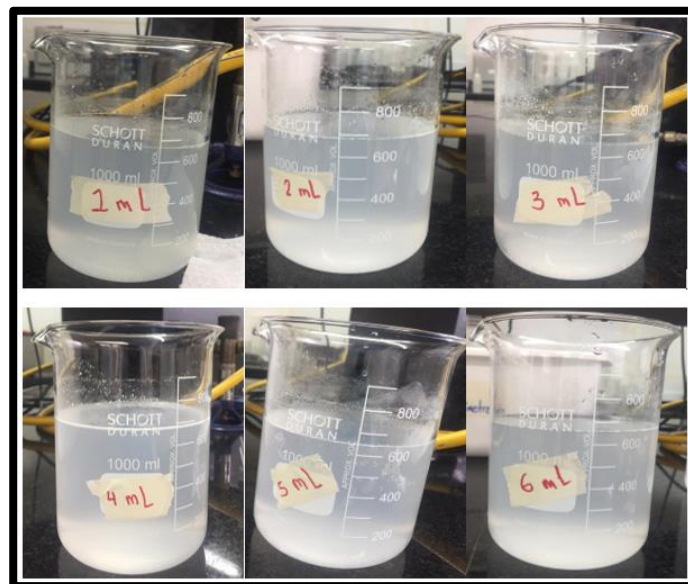
4.3.2 Oxidación con peróxido de hidrógeno. El proceso de oxidación se lleva a cabo antes de neutralizar el agua, esto con el fin de remover carga orgánica, grasas y aceites. La efectividad se evaluó en un equipo de jarras con el fin de conocer la

dosificación necesaria de peróxido de hidrógeno, la cual arroje los mejores resultados para el agua a tratar.

El H_2O_2 también conocido como agua oxigenada, es un poderoso oxidante, con la propiedad de ser muy inestable y descomponerse en oxígeno y agua en una reacción altamente exotérmica. La estabilidad inherente del peróxido de hidrógeno también es afectada por el pH. Normalmente, la estabilidad es mejor en la región del pH neutro. La disminución de estabilidad a un pH menor normalmente no es considerable, pero a un pH más alto ésta se deteriora muy rápidamente y el peróxido de hidrógeno alcalino puede ser muy inestable.³¹ En uso industrial suele encontrarse a concentraciones del 30%.

Para el ensayo se tomaron beakers con un volumen de agua de 700 ml teniendo como condiciones iniciales 18 °C, pH 5,7 y turbiedad de 74,1 NTU. El ensayo realizado es mostrado en la **Figura 35**.

Figura 35. Dosificaciones experimentales método de oxidación



Fuente: elaboración propia

Se trabajaron dosificaciones de 1 a 8 ml, empleando un tiempo de reposo de 20 minutos como se observa en la figura 100, en el cual se observó la formación una

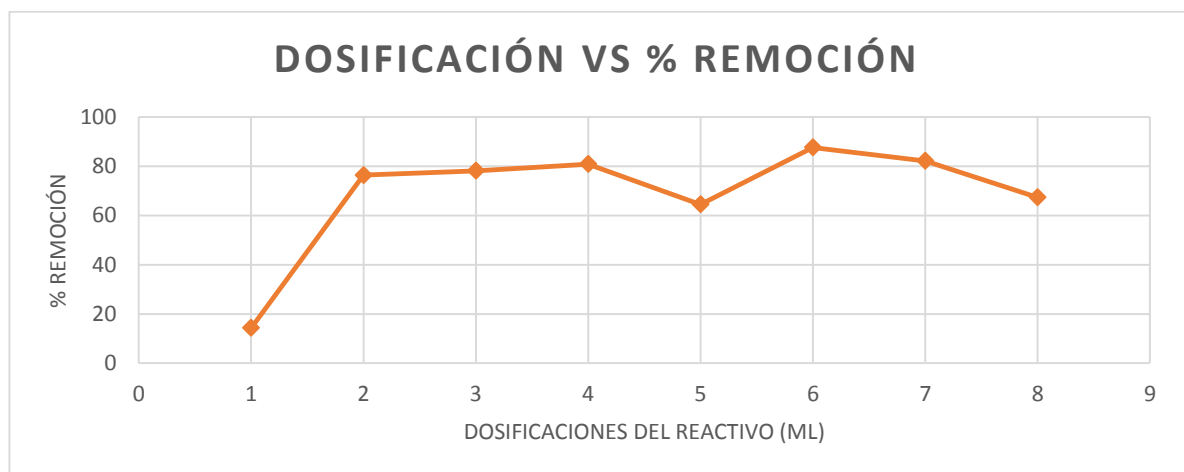
³¹ HIGUERA, Oscar y TRISTANCHO, JOSE. ESTUDIO ELECTROQUIMICO DE LA REDUCCION DEL peróxido de hidrogeno sobre aleaciones utilizadas en la industria joyera. 30, mayo,2006. ISSN 0122-1701. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjNvr_FjL3iAhUIWN8KHbgcBygQFjAAegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F4832447.pdf&usg=AOvVaw1Y2HKxzwGojleQHmvCDLaK

capa en la superficie del agua correspondiente a la remoción de contaminantes presentes debido a cambio de densidades.

Se evaluó el % de remoción con respecto a la dosis suministrada como se observa en la **Gráfica 1**, con el fin de determinar la dosis óptima a continuación se muestra el cálculo para una dosificación de 6 mL basados en los datos suministrados en el **Anexo H**.

$$\% \text{ remoción} = \frac{74,1 - 139}{74,1} * 100 = 87,58 \%$$

Gráfica 1. Efectividad en el proceso de oxidación



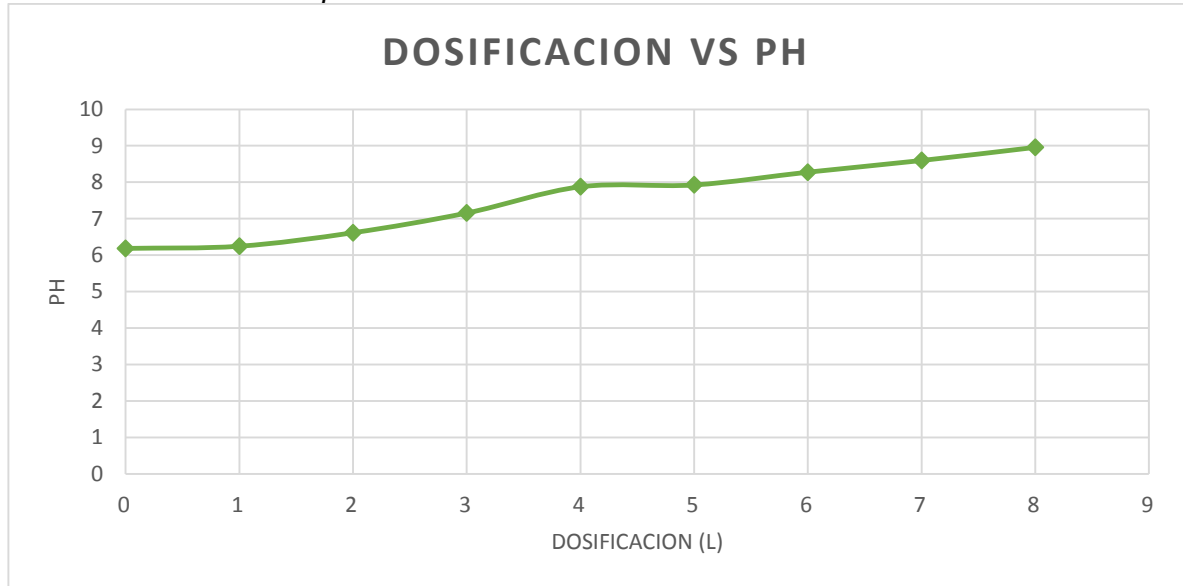
Fuente: elaboración propia

Después del tiempo de reposo se observó una remoción del contaminante significativa para dosificaciones mayores a 2ml siendo óptima en 6 ml donde se puede observar una remoción de 87.58%. determinar la dosis exacta es de vital importancia ya que dependerá la eficiencia en la degradación de los contaminantes, razón por la cual a dosificaciones muy altas se observa intervalos donde el % de remoción disminuye.

4.3.3 Neutralización. Dado que para algunos procesos es necesario un pH básico con el fin de obtener resultados óptimos, es necesario llevar a cabo este proceso con el fin de lograr tratamientos de coagulación y floculación efectivos, además la neutralización de pH es importante para el vertimiento del agua residual según la normativa establecida. Al llevar a cabo la caracterización del agua residual, se observó un pH ácido, siendo necesario la adición de una base para llegar a pH altos. Luego de realizar el experimento de oxidación y obtener la dosificación a la cual se obtuvieron mejores porcentajes de oxidación, se procede a neutralizar 800 mL de agua añadiendo 1 mL y midiendo pH; los resultados obtenidos se observan en la

Gráfica 2, obteniendo el pH requerido añadiendo 8 mL de NaOH a una concentración de 0,1 molar.

Gráfica 2. Variación de pH con la adición de NaOH



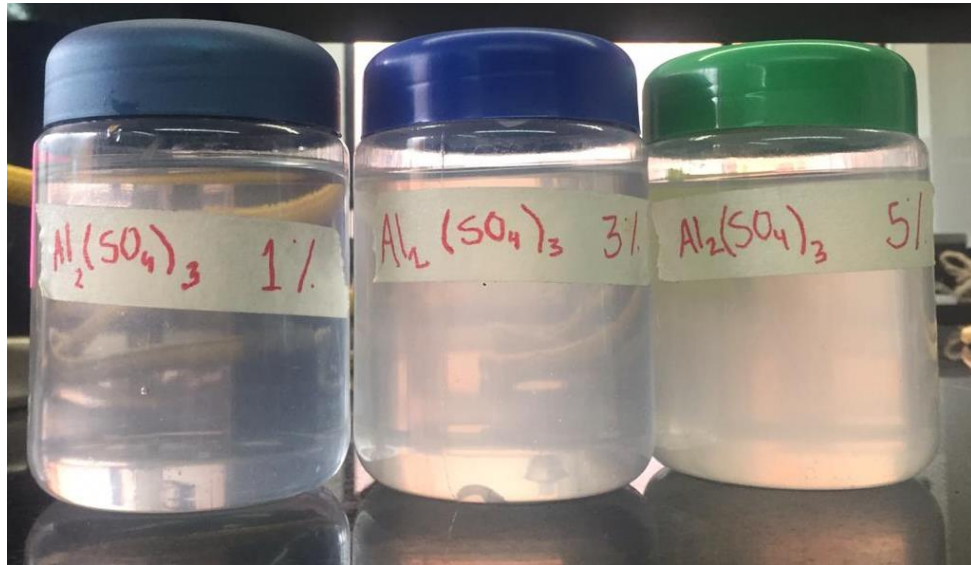
Fuente: elaboración propia

Es necesario manejar el pH en rangos de 7 a 9 para cumplir con la normativa asegurando la eficiencia del proceso posterior.

4.3.4 Floculación y coagulación. El proceso de coagulación y floculación, similar a la etapa de pre-experimentación se lleva a cabo luego de neutralizar el agua, esto con el fin de tener el pH óptimo para la utilización de los reactivos seleccionados. La evaluación es llevada a cabo en un equipo de jarras conociendo el floculante y coagulante óptimos para el tratamiento a partir de los resultados obtenidos en el test de jarras anterior. Para el ensayo fue elegido reemplazar el PAC por sulfato de aluminio debido a que este presentó el mejor porcentaje de remoción con un valor del 99,56 % razón por la cual conlleva mejores resultados en la experimentación. Se tomaron tres concentraciones de sulfato de aluminio al 1, 3 y 5 % p/v basados en la revisión bibliográfica y en el conocimiento de profesionales en el tema; se trabajó con dosificaciones entre 1 y 8 ml teniendo fijo la concentración de floculante debido a que su máxima solubilidad es de 0.1 mg/L, se adicionó 1 ml de floculante, dejando fija esta dosificación debido a que presentó la formación de floc.

- **Preparación de coagulantes:** se prepararon soluciones al 1, 3 y 5 % equivalente a 10 000, 30 000 y 50 000 ppm respectivamente como se observa en la **Figura 36**. De manera análoga al test de jarras de pre-experimentación, el sulfato de aluminio se encontraba en estado sólido, por lo cual se pesó 5, 15 y 25 g de reactivo y se diluyeron en 20 mL de agua destilada, posterior se aforó a 500 mL.

Figura 36. Soluciones de sulfato de aluminio al 1, 3 y 5 %

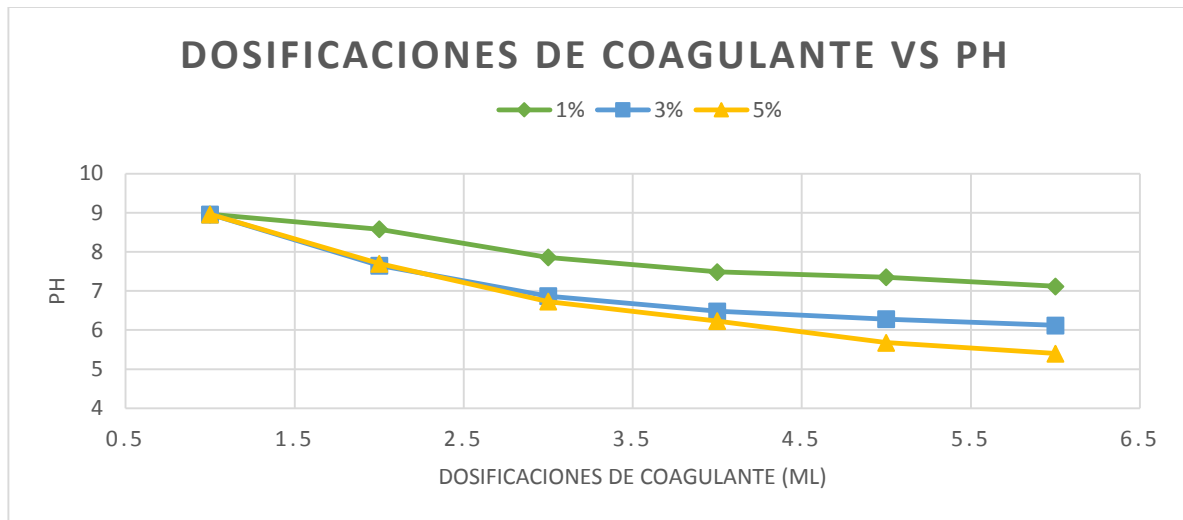


Fuente: elaboración propia

- **Test de jarras 1. Determinación de la dosificación y concentración de Sulfato de Aluminio:** luego del proceso de oxidación, se lleva a cabo el análisis con respecto al coagulante con el fin de determinar la dosificación y concentración óptima para el proceso con base al cambio del pH y la desestabilización de partículas, para ello, se adiciona 1 mL de coagulante, se agita a 120 rpm por 2 minutos, con un tiempo de sedimentación de 10 minutos, si no se notaba desestabilización de partículas en el agua, se aumentó 1 mL la concentración y se repitió el procedimiento, al observar separación de partículas en el agua, se procedió a añadir el floculante, hasta obtener la concentración de coagulante a la cual se da la formación del floc.

EL pH presenta variaciones mínimas en concentraciones de 1 y 3 %. La adición del reactivo al 1% mantiene las mejores condiciones del pH como se observa en la **Gráfica 3**, sin embargo, no es factible dado que no se observa la desestabilización de las partículas. Para la concentración de 3% se observó la formación de pequeñas partículas a concentraciones mayores a 4 mL lo cual indica la desestabilización de partícula.

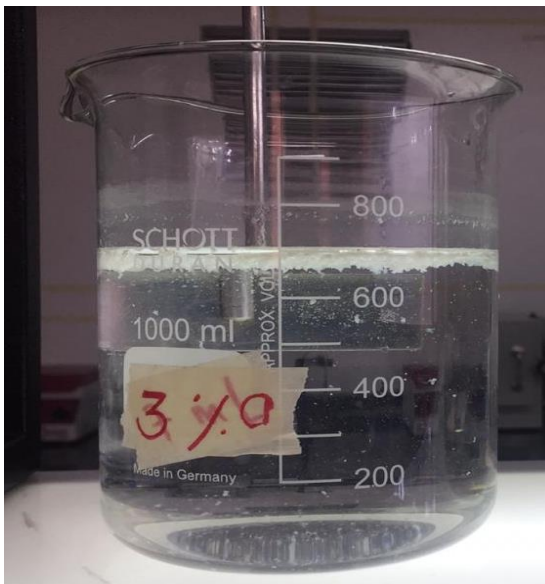
Gráfica 3. Comportamiento de pH en proceso de coagulación



Fuente: elaboración propia

- **Test de jarras 2. Dosificación de coagulante y adición de floculante para la formación de flocs:** se añadió el floculante y se evaluó la formación de floc y el % de remoción para determinar la dosificación óptima. La formación de floc y agua cristalina, se obtuvo a una dosificación de 6 mL de coagulante, siendo esta la óptima para el proceso de tratamiento según se muestra en la **Figura 37**.

Figura 37. Agua tratada en el proceso de coagulación y floculación



Fuente: elaboración propia

4.3.5 Filtración. Como etapa final de tratamiento, se realiza un proceso de filtración mediante un filtro de carbón activado. El filtro fue elaborado basándose en las especificaciones de diseño mencionadas en la etapa de pre-experimentación en un tubo PVC de 3 pulgadas de diámetro y una altura de 0,37 m de largo se colocó una reducción de 2 pulgadas hasta una reducción de 1 pulgada donde se adoptó una válvula de globo la cual cumple la función de regular el caudal de salida del filtro.

El filtro cuenta con un diámetro de salida de 0,015 m, un caudal de $1,7 \times 10^{-9} \text{ m}^3/\text{s}$, se encuentra en disposición descendente con dos materiales filtrantes ubicados de gruesos a finos: carbón activado en estado granular y fino, por último, se incorporó papel filtro con el fin de evitar filtraciones de carbono como se muestra en la **Figura 38**.

Figura 38. Filtro de carbón activado



Fuente: elaboración propia

El carbón activado presenta un porcentaje de remoción de contaminantes altos, razón por la cual se eligió un filtro multicapa con carbón activado para así remover contaminantes como DBO, DQO, olor y color de una manera más efectiva para dar características finales al agua tratada.

Con respecto a los datos de diseño mostrados en la **Tabla 22**, se calculó la velocidad de filtración con respecto al área de salida, correspondiente a $9,4316 \times 10^{-6}$ m/s la cual indica el tiempo de retención en el filtro.

Tabla 22. Diseño filtro de carbón activado

Parámetro	Valor
Diámetro de entrada (m)	0,075
Área de entrada (m ²)	0,0044
Altura del filtro (m)	0,37
Altura de carbón activado granular (m)	0,09
Altura de carbón activado fino (m)	0,11
Altura libre min (m)	0,17
Diámetro de salida (m)	0,015
Área de salida (m ²)	0,00018
Caudal (m ³ /s)	$1,6667 \times 10^{-9}$
Velocidad de filtración (m/s)	$9,4316 \times 10^{-6}$

Fuente: elaboración propia

4.4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA EXPERIMENTACION

- **Descripción del muestreo:** de manera análoga a las indicaciones seguidas para el muestreo y caracterización en la etapa de pre-experimentación, se llevó a cabo en la etapa de experimentación el mismo procedimiento. Los datos se resumen en la **Tabla 23**.

Tabla 23. Muestreo del agua tratada a nivel laboratorio en la etapa de experimentación

Parámetro	Recipiente	Volumen de muestra (L)	Tipo de muestra
pH y SST	Plástico	1	Compuesta
DBO ₅	Plástico	1	Compuesta
DQO	Plástico	1	Compuesta
Grasa y Aceites	Vidrio	1	Compuesta

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por Laboratorio QUIMICONTROL LTDA.

- **Caracterización del agua:** las técnicas utilizadas, son establecidas por el Laboratorio QUIMICONTROL similar a las caracterizaciones realizadas previamente. Los datos obtenidos se muestran en la **Tabla 24**.

Tabla 24. Resultados de la caracterización de parámetros críticos del agua tratada en la etapa de experimentación

Variable	Unidad	Método	Resultados
DQO	mg/L O ₂	Volumétrico, Reflujo Cerrado	56,1
DBO ₅	mg/L O ₂	Incubación Modificación de AZIDA	10,3
SST	mg/L	Gravimetría, secado	25,5
Grasas y aceites	mg/L	Extracción Soxhlet	13,1

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por Laboratorio QUIMICONTROL LTDA.

De manera análoga a las caracterizaciones anteriores, se realizaron las pruebas de los parámetros descritos en la **Tabla 24**.

- **Análisis de los parámetros críticos:** a partir de los resultados obtenidos del análisis realizado por el Laboratorio QUIMICONTROL, se procede a realizar la comparación de los parámetros con lo establecido en la Resolución 0631 de 2015 para determinar si se cumple o no con la normativa según la **Tabla 25**.

Tabla 25. Comparación de resultados de la caracterización de parámetros críticos del agua tratada con respecto a la normativa

Parámetro	Unidad	Resolución 0631 de 2015	Laboratorio QUIMICONTROL	Nivel de cumplimiento
DBO ₅	mg/L O ₂	450,00	56,1	Cumple
DQO	mg/L O ₂	250,00	10,3	Cumple
SST	mg/L	150,00	13,1	Cumple
Grasas y aceites	mg/L	20,00	25,5	Cumple

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por Laboratorio QUIMICONTROL LTDA. Y el MADS según la resolución 631 de 2015

La segunda alternativa propuesta, permitió dar cumplimiento a la normativa de manera óptima, sin embargo, debido a errores de medición en la caracterización el pH no se encuentra dentro del rango, razón por la cual se tomó el valor medido en las pruebas experimentales antes de llevar las muestras al laboratorio, donde se mantuvo entre 6-9 al aplicar los tratamientos establecidos.

5. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

El diseño de los equipos corresponde a la etapa final para el sistema de tratamiento, se realiza el respectivo escalonamiento a nivel industrial con base a los resultados obtenidos en el diseño experimental. A lo largo de este capítulo se llevarán a cabo las respectivas especificaciones técnicas, adaptándolas a las condiciones actuales de la empresa.

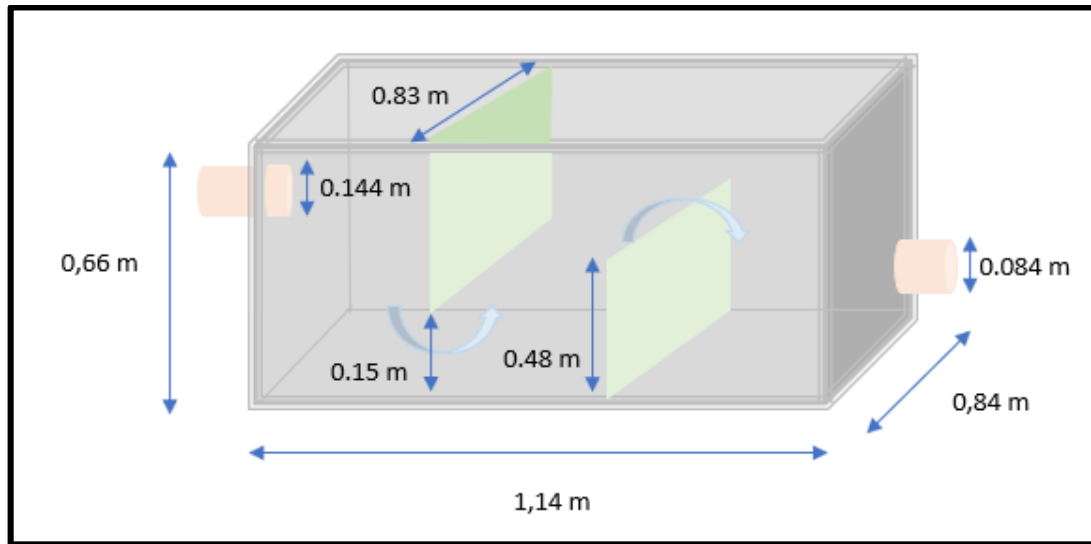
5.1 CÁLCULOS PARA DIMENSIONES DE EQUIPOS

Con el fin de llevar a cabo las correspondientes dimensiones de equipos para el tratamiento a implementar, se usará como guía la bibliografía consultada, el estudio respecto al balance hídrico y los datos experimentales obtenidos, esto para proponer equipos acordes al caudal de agua a tratar por la empresa y al espacio disponible para la instalación de la planta.

Según el proceso a llevar a cabo en cada equipo, y el correspondiente caudal a tratar, se requiere especificar condiciones tales como tiempo de retención, potencias, y respectivas medidas para el diseño del equipo. A continuación, se muestran los cálculos llevados a cabo para obtener los datos de diseño a nivel industrial basados en el caudal diario a tratar de 8,54 m³/día donde se tiene en cuenta el lavado de equipos y otros gastos de consumo.

5.1.1 Trampa de grasas. Respecto al diseño llevado experimentalmente, se sabe que el equipo contará con dos compartimentos para llevar a cabo un proceso más eficaz en la remoción de contaminantes. Para ello, se especifica el caudal de entrada como primer parámetro, con un valor de 8,54 m³/día, posteriormente, basándose en el diseño experimental, se toma una relación 1:3, donde el caudal de a tratar se aproxima a la relación planteada con respecto a la capacidad de la trampa de grasas experimental, obteniendo las medidas mostradas en la **Figura 39**.

Figura 39. Diseño de trampa de grasas



Fuente: elaboración propia con base en Microsoft Office Word

Similar al diseño experimental se estableció una eficiencia de 90 %³² con un volumen de salida al tanque homogenizador de 7,7 m³. Las medidas obtenidas son resumidas en la **Tabla 26**.

Tabla 26. Dimensiones Trampa de Grasas

Parámetro	Valor
Longitud (m)	0,3144
Ancho (m)	0,0786
Profundidad (m)	0,7198
Espesor (m)	0,01
Área de placas (m ²)	0,0357
Espacio libre inferior (m)	0,2
Espacio libre superior (m)	0,2
Diámetro de entrada (m)	0,05
Diámetro salida (m)	0,1

Fuente: elaboración propia

5.1.2 Unidad de oxidación. Se usaron sensores medidores de nivel, con el fin de adicionar peróxido de hidrogeno para llevar a cabo el proceso de oxidación. Con bombas dosificadoras, se añade el reactivo necesario según el nivel disponible en

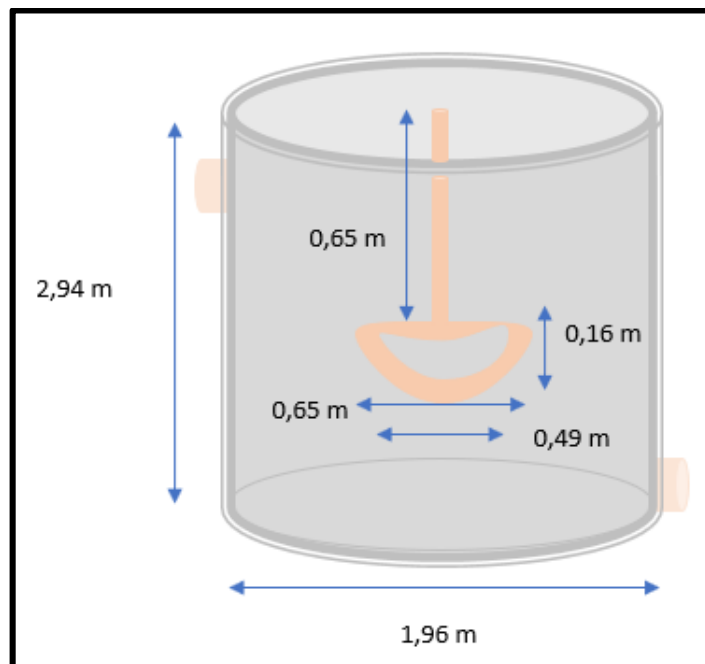
³² CRUZ, Aura y SIERRA, Claudia. Propuesta de una alternativa de tratamiento de aguas residuales en la salsamentaria El Bohemio. Trabajo de grado ingeniería química. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de ingenierías. 2016., p. 128

el tanque de homogeneización basándose en la diferencia entre el nivel inicial del tanque con el volumen dosificado se controla el suministro y así obtener un tratamiento adecuado.

5.1.3 Unidad de pH. Mediante el uso de sensores medidores de pH, con la adición de hidróxido de sodio, se espera neutralizar el pH en un rango de 7,5 a 9. Basándose en las unidades de pH, se añade el reactivo necesario para la neutralización del agua disponible mediante bombas dosificadoras.

5.1.4 Tanque homogeneizador. Este equipo tiene como objetivo normalizar el flujo de entrada a unidades posteriores, además, homogeneizar mediante la agitación, el agua luego de incorporar el reactivo oxidante y neutralizante. El diseño del tanque con sus respectivas medidas es mostrado en la **Figura 40** y los cálculos se encuentran posterior a esta.

Figura 40. Diseño del tanque homogeneizador



Fuente: elaboración propia con base en Microsoft Office Word

El tanque estará localizado luego de la unidad de remoción de grasas, manejando un caudal de $7,7 \text{ m}^3$, correspondiente al valor disponible en la salida de la trampa de grasas. Se procedió a calcular el volumen del tanque como se muestra en la **Ecuación 8**.

Ecuación 8. Cálculo del volumen de un tanque cilíndrico

$$V_{Tanque} = V_D + (V_D * F_s)$$

Donde:

V_{Tanque} : Volumen del tanque

V_D : Volumen disponible

F_s : Factor de seguridad

Se tomó un factor de seguridad de 15%, equivalente a un volumen adicional para evitar la sobrecarga si se presenta un aumento en el caudal máximo tomado como base.

$$V_{Tanque} = 7,7m^3 + (7,7m^3 * 0,15) = 8,9 m^3$$

Para el diseño del tanque, se debe tomar en cuenta los compuestos presentes con el fin de evitar posibles problemas de corrosión o incrustaciones, tomando como material para la elaboración acero al carbón 304 o acero inoxidable³³. Según la **Ecuación 9**, donde se muestra el volumen teórico de un tanque.

Ecuación 9. Volumen teórico de un tanque

$$V_{T,tanque} = \frac{\pi}{4} * D^2 * h$$

Donde

$V_{T,tanque}$: Volumen teórico del tanque

D : Diámetro del tanque

h : Altura del tanque

A demás, se tiene en cuenta la relación h/D de 1,5 para obtener la **Ecuación 10** donde se expresa el cálculo para el diámetro del tanque.

Ecuación 10. Cálculo del diámetro en el tanque

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

³³ CRISTANCHO, Angie y NOY, Andrés. Diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales para PELIKAN Colombia S.A.S. Trabajo de grado ingeniería química. Bogotá D.C.: Universidad de América. Facultad de ingenierías. 2016., p.114

La relación h/D es expresada en el libro Tratamiento de aguas residuales: teorías y principios de diseño,

$$D = \sqrt[3]{4 * \frac{8,9 m^3}{1,5 * \pi}} = 1,96 m$$

Conociendo el valor del diámetro, se procede a hallar la altura del tanque teniendo en cuenta la relación mencionada anteriormente.

$$h = 1,96 m * 1,5 = 2,94$$

El agitador para el tanque homogeneizador, se dimensiono bajo las especificaciones halladas con anterioridad, las ecuaciones de diseño fueron tomadas de la bibliografía consultada³⁴, teniendo como primer parámetro la relación de diámetros como se muestra a continuación.

$$d = \frac{1,96 m}{3} = 0,65 m$$

A demás, se tiene en cuenta la relación h/d de 1 para obtener la altura correspondiente la altura del agitador.

$$h = 0,65 m * 1 = 0,65 m$$

Para el cálculo de la longitud de la paleta, se toma el valor del diámetro de esta y se divide en cuatro³⁵.

$$\gamma = \frac{0,65 m}{4} = 0,16$$

Siguiendo la misma analogía, se halló el diámetro del disco central tomando como base el diámetro del tanque.

$$S = \frac{1,96 m}{4} = 0,49$$

Debido a que el agitador es mecánico, es necesario hallar la potencia de rotación mediante la **Ecuación 11**.

³⁴ Ibid., p. 114-117.

³⁵ Ibid., p. 116.

Ecuación 11. Potencia del agitador

$$P = k * \rho * N^3 * d^5$$

Donde:

k: Factor de geometría del impulsador equivalente a 6,30

ρ : Densidad el agua asumida como 1000 kg/m³

N: Velocidad de rotación asumida como 1,67 rps

d: Diámetro del agitador

$$P = 6,30 * 1000 \text{ kg/m}^3 * (1,67 \text{ rps})^3 * (0,65 \text{ m})^5 = 3404,52 \text{ W} = 34,05 \text{ kW}$$

Las especificaciones correspondientes al tanque homogeneizador son mostradas en la **Tabla 27**.

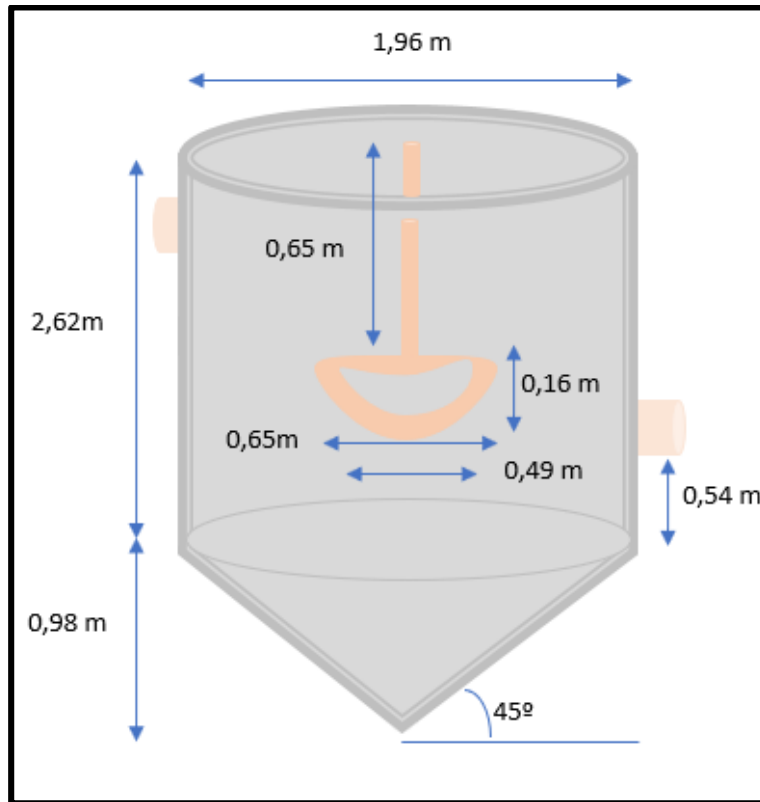
Tabla 27. Dimensiones Tanque homogeneizador

Parámetro	Valor
Altura (m)	2,9359
Diámetro (m)	1,9573
Altura paleta agitador (m)	0,6524
Diámetro agitador (m)	0,
Altura disco agitador (m2)	0,1631
Diámetro disco agitador (m)	0,4893
Potencia disponible (kW)	3,85

Fuente: elaboración propia

5.1.5 Clarificador. El tanque clarificador tiene como objetivo llevar a cabo el proceso de coagulación y floculación para la eliminación de DBO y DQO principalmente según el diseño mostrado **Figura 41**, su cálculo es análogo al tanque homogeneizador, donde se tomaron como base los datos hallados anteriormente necesarios ya que el dimensionamiento de equipos es similar.

Figura 41. Diseño del clarificador



Fuente: elaboración propia con base en Microsoft Office Word

Se diseñó una sección cónica con función de sedimentar los lodos presentes en el tratamiento, para ello, se tomó como base un triángulo rectángulo, con un ángulo (β) de 45° o $0,7854$ rad sobre la línea de referencia horizontal³⁶. Sabiendo que el cateto opuesto corresponde a la altura de la sección y el cateto adyacente al radio, es decir, el diámetro del tanque dividido en dos, se halló la altura según se muestra a continuación.

$$h_{cono} = \text{Tangente}(0,7854) * \frac{1,96 \text{ m}}{2} = 0,98 \text{ m}$$

Se determinó el volumen de la sección cónica a partir de la **Ecuación 12**.

Ecuación 12. Volumen de la sección cónica

$$V_{S,C} = \frac{\pi * r^2 * h_{cono}}{3}$$

³⁶ RODRIGUEZ, Marcela y RUIZ, Paola. Desarrollo de un sistema de tratamiento de aguas residuales industriales para la planta de producción Asequimicos S.A.S. Trabajo de grado Ingeniero químico. Bogotá D.C.: Universidad de América. Facultad de ingenierías. 2018., p. 86

Donde

$V_{s,c}$: Volumen de la sección cónica

r: Radio de la sección cónica

h: Altura del cono

$$V_{s,c} = \frac{\pi * (0,98 \text{ m})^2 * 0,98 \text{ m}}{3} = 0,99 \text{ m}^3$$

Si el volumen del tanque equivale al volumen total de la unidad de clarificación, la diferencia entre este y el volumen del cono equivale al volumen de la sección cilíndrica.

$$V_c = (8,9 - 0,99) \text{ m}^3 = 7,91 \text{ m}^3$$

De la ecuación 1001, se lleva a cabo el despeje de la altura tomando como base el volumen calculado para a sección cilíndrica y el diámetro del tanque homogeneizador.

$$h_c = \frac{4 * 7,91 \text{ m}^3}{\pi * (1,96 \text{ m})^2} = 2,62 \text{ m}$$

Debido a que se da la acumulación de sólidos en la sección cónica, se establece que una tercera parte del agua residual corresponde a estos sólidos³⁷, para así hallar la altura de salida del agua residual tratada como la diferencia entre el volumen de la sección cilíndrica del agua sin contaminantes sólidos correspondiente a 2,63 m³ y el volumen de la sección cónica.

$$V_{c-1} = (2,63 - 0,99) \text{ m}^3 = 1,64 \text{ m}^3$$

Siguiendo el cálculo de altura para la sección cilíndrica, se halla la altura de salida del agua usando el volumen hallado anteriormente.

$$h_s = \frac{4 * 1,64 \text{ m}^3}{\pi * (1,96 \text{ m})^2} = 0,54 \text{ m}$$

Para calcular la potencia requerida, se realizó de manera análoga al tanque sedimentador utilizando la ecuación x.

$$P = 6,30 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (1,67 \text{ rps})^3 * (0,65 \text{ m})^5 = 3404,52 \text{ W} = 34,05 \text{ kW}$$

³⁷ CRISTANCHO Y NOY, Op., Cit., p. 118.

Las dimensiones del tanque clarificador son mostradas en la **Tabla 28**.

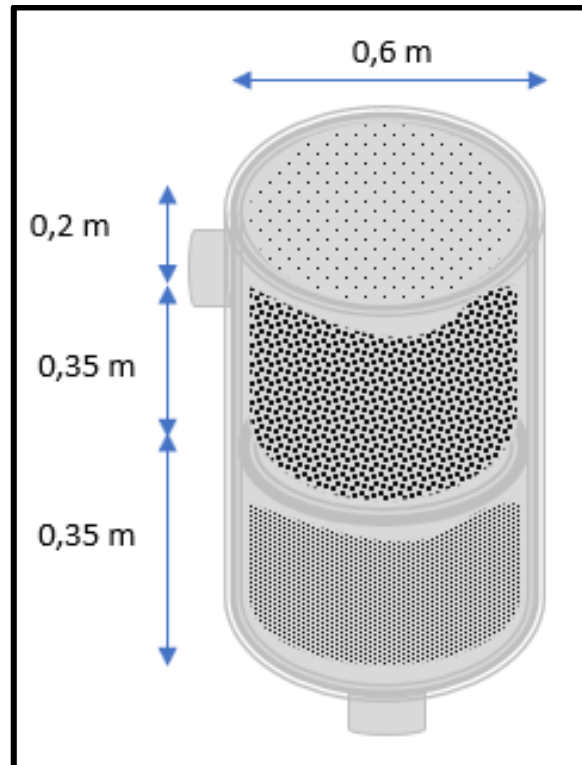
Tabla 28. Dimensiones Clarificador

Parámetro	Valor
Altura cilindro (m)	2,4998
Altura cono (m)	0,9786
Diámetro (m)	1,9573
Altura paleta agitador (m)	0,6524
Diámetro agitador (m)	0,6524
Altura disco agitador (m ²)	0,1631
Diámetro disco agitador (m)	0,4893
Angulo	45 °
Potencia disponible (kW)	3,85

Fuente: elaboración propia

5.1.6 Filtro. El filtro de carbón activado presenta mejores porcentajes de remoción debido a sus propiedades, estos filtros suelen operar de manera descendente o ascendente. A demás, como parámetro de diseño con el fin de lograr una mayor remoción de contaminantes, especialmente de sólidos, se organizan los materiales filtrantes de gruesos a fino como se muestra en la **Figura 42**. Los cálculos de diseño son mostrados a continuación.

Figura 42. Diseño del filtro



Fuente: elaboración propia con base en Microsoft Office Word

Para llevar a cabo el tratamiento, se operará con flujo descendente tomando como datos de diseño los expresados en la **Tabla 29**. Se cuenta con dos materiales filtrantes: carbón activado granular y fino, por ello, siendo un filtro multimedio.

Tabla 29. Características de filtros múltiples para tratamiento de aguas residuales

Característica	Valor	
	Intervalo	Típico
Antracita (Capa superior)		
Profundidad (cm)	20-50	40
Tamaño efectivo (mm)	1,3-2	1,6
Coefficiente de uniformidad	1,5-1,8	1,6
Antracita (Capa inferior)		
Profundidad (cm)	20-50	40
Tamaño efectivo (mm)	1-2	1,4
Coefficiente de uniformidad	1,4-1,8	1,6

Fuente: ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008. pág. 672

Para cada una de las capas, se determinó la profundidad del lecho y la correspondiente área de filtración con el fin de hallar las dimensiones necesarias del filtro.

- Carbón activado granular

$$Profundidad_{CAG} = \frac{0,20 \text{ m} + 0,50 \text{ m}}{2} = 0,35 \text{ m}$$

$$Tamaño\ efectivo_{CAG} = \frac{0,013 \text{ m} + 0,02 \text{ m}}{2} = 0,017 \text{ m}$$

$$Coeficiente\ uniformidad_{CAG} = \frac{1,5 + 1,8}{2} = 1,65$$

- Carbón activado fino

$$Profundidad_{CAF} = \frac{0,20 \text{ m} + 0,50 \text{ m}}{2} = 0,35 \text{ m}$$

$$Tamaño\ efectivo_{CAF} = \frac{0,01 \text{ m} + 0,02 \text{ m}}{2} = 0,015 \text{ m}$$

$$Coeficiente\ uniformidad_{CAF} = \frac{1,4 + 1,8}{2} = 1,6$$

- Lecho combinado

$$Profundidad_{LC} = 0,35 \text{ m} + 0,35 \text{ m} = 0,7 \text{ m}$$

$$Tamaño\ efectivo_{CAF} = \frac{0,015 \text{ m} + 0,017 \text{ m}}{2} = 0,016 \text{ m}$$

$$Coeficiente\ uniformidad_{CAF} = \frac{1,65 + 1,6}{2} = 1,63$$

Para finalizar el diseño, se realizan los cálculos para el dimensionamiento del filtro hallando el área a partir de la **Ecuación 13**, donde la tasa de filtración equivale a 120 m/día³⁸.

³⁸ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008., p. 700

Ecuación 13. Cálculo del área de filtración

$$A_{filtración} = \frac{Caudal}{Tasa\ de\ filtración}$$

Donde la tasa de filtración equivale a 120 m/día³⁹ y el caudal corresponde al caudal de salida de la unidad de clarificación.

$$A_{filtración} = \frac{5,13\ m^3/día}{120\ m/día} = 0,04\ m^2$$

Se procedió a calcular el volumen del filtro según la **Ecuación 14**.

Ecuación 14. Volumen del filtro

$$V_{filtro} = A_{filtración} * h_{filtro}$$

Donde la altura del filtro equivale a la profundidad del lecho combinado y la adición del volumen libre.

$$V_{filtro} = 0,04\ m^2 * 0,9\ m = 0,04\ m^3$$

Por último, se calculó el correspondiente diámetro siguiendo la relación h/D=1,5.

$$D_{filtro} = 1,5 * 0,9\ m = 0,6\ m$$

El diseño del filtro con las correspondientes especificaciones de diseño se muestra en la **Figura 39**.

Tabla 30. Dimensiones Filtro de Carbón Activado

Parámetro	Valor
Altura libre (m)	0,2
Altura lecho carbón activado granular (m)	0,35
Altura lecho carbón activado en polvo (m)	0,35
Diámetro (m)	0,6

Fuente: elaboración propia

³⁹ Ibid. p. 1090.

5.2 CÁLCULOS PARA DOSIFICACION DE REACTIVOS

El tratamiento de oxidación, neutralización, coagulación y floculación requieren en su proceso de reactivos, los cuales, una vez determinados la efectividad a nivel laboratorio se debe calcular su dosificación a nivel industrial con el fin de cumplir con el tratamiento del agua.

En el proceso de tratamiento será utilizado H_2O_2 , NaOH, $Al_2(SO_3)_4$ y un polímero floculante de referencia L 1557M de los cuales se realizará su respectiva dosificación a escala industrial, en base al dimensionamiento de equipos realizado previamente. Para realizar el escalonamiento de cada uno de los reactivos se tomó como base el caudal hallado en el balance hídrico por día del agua a tratar el cual fue de 8,5663 m³/día. Cabe resaltar que el tratamiento se realizara al finalizar la jornada de producción diaria. Para los respectivos cálculos, se realizarán los debidos factores de conversión para obtener los valores de dosificaciones, peso necesario de reactivo y concentración de cada uno.

5.2.1 Peróxido de hidrogeno. En el proceso de oxidación evaluado a nivel laboratorio se usó H_2O_2 a una concentración del 30%, empleando un volumen de 6ml para oxidar 700 ml de agua residual, dosificación óptima para observar remoción de contaminantes sin una variación significativa de pH.

$$X_{H_2O_2} (L) = 7\,700\,000 \text{ ml} * \frac{6 \text{ ml}}{700 \text{ ml}} * \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 66 \text{ L}$$

Debido a que es más factible para la empresa adquirir el reactivo en estado sólido, se determinó la cantidad necesaria para preparar la correspondiente solución y llevar a cabo el proceso requerido.

$$X_{Al_2(SO_4)_3} (kg) = 66 \text{ L} * \frac{7,5 \text{ g de } Al_2(SO_4)_3}{0,25 \text{ L sln (3\%)}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1,98 \text{ kg de } H_2O_2$$

Sabiendo que la densidad del reactivo al 30 % es 1,11 kg/L, se procede a hallar la concentración requerida de H_2O_2 para el proceso de oxidación en el tratamiento de aguas.

$$C_{H_2O_2} = 66 \frac{L}{1 \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} * \frac{1,11 \text{ kg}}{L} * \frac{1e^6 \text{ mg}}{1 \text{ kg}} = 73\,000 \frac{\text{mg}}{L} = 73.260 \text{ ppm}$$

5.2.2 Hidróxido de sodio. En el proceso de neutralización evaluado a nivel laboratorio se con el uso de NaOH al 0,4%, con un volumen de 8 ml en 700 ml de agua residual, se llegó a un pH de 8,61, óptimo para llevar a cabo los procesos posteriores de tratamiento y cumplir con la normativa establecida. Para ello, se

determinó la concentración necesaria para neutralizar el agua en el sistema de tratamiento a nivel industrial.

$$X_{H_2O_2} (L) = 7\,700\,000 \text{ ml} * \frac{8 \text{ ml}}{700 \text{ ml}} * \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 88 \text{ L}$$

Debido a que es más factible para la empresa adquirir el reactivo en estado sólido, se determinó la cantidad necesaria para preparar la correspondiente solución y llevar a cabo el proceso requerido.

$$X_{Al_2(SO_4)_3} (kg) = 88 \text{ L} * \frac{0,2 \text{ g de } Al_2(SO_4)_3}{0,5 \text{ L sln (3\%)}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 0,066 \text{ kg de NaOH}$$

Sabiendo que la densidad del reactivo al 30 % es 1,09 kg/L, se procede a hallar la concentración requerida de NaOH para el proceso de naturalización en el tratamiento de aguas.

$$C_{H_2O_2} = 88 \frac{\text{L}}{1 \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} * \frac{1,09 \text{ kg}}{\text{L}} * \frac{1e^6 \text{ mg}}{1 \text{ kg}} = 97\,947 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 95.920 \text{ ppm}$$

5.2.3 Sulfato de aluminio. En el proceso de coagulación evaluado a nivel laboratorio se empleó $Al_2(SO_3)_4$ al 5%, en un volumen 700 ml, se requirió de 6 mL para observar la desestabilización de partículas en el agua residual.

$$X_{H_2O_2} (L) = 7\,700\,000 \text{ ml} * \frac{6 \text{ ml}}{700 \text{ ml}} * \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 66 \text{ L}$$

Debido a que el $Al_2(SO_3)_4$ se encuentra en estado sólido, se determinó la cantidad necesaria de reactivo para preparar la correspondiente solución y llevar a cabo el proceso requerido.

$$X_{Al_2(SO_4)_3} (kg) = 66 \text{ L} * \frac{15 \text{ g de } Al_2(SO_4)_3}{0,5 \text{ L sln (3\%)}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 1,98 \text{ kg de } Al_2(SO_4)_3$$

Sabiendo que la densidad del reactivo al 5 % es 1,30 kg/L, se procede a hallar la concentración requerida de $Al_2(SO_3)_4$ para el proceso de coagulación en el tratamiento de aguas.

$$C_{H_2O_2} = 66 \frac{\text{L}}{1 \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} * \frac{1,30 \text{ kg}}{1 \text{ L}} * \frac{1e^6 \text{ mg}}{1 \text{ kg}} = 85\,800 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 85.800 \text{ ppm}$$

5.2.4 L-1547 M. En el proceso de floculación evaluado a nivel laboratorio se determinó a una concentración del 0,1% de L-1538M un volumen de 1ml para

flocular 700 ml de agua residual, dosificación óptima para observar la formación de floc.

$$X_{H_2O_2} (L) = 7\,700\,000 \text{ ml} * \frac{1 \text{ ml}}{700 \text{ ml}} * \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ ml}} = 11 \text{ L}$$

Debido a que el polímero se encuentra en estado sólido, se determinó la cantidad necesaria de reactivo para preparar la correspondiente solución y llevar a cabo el proceso requerido.

$$X_{Al_2(SO_4)_3} (kg) = 11 \text{ L} * \frac{0,5 \text{ g de } Al_2(SO_4)_3}{0,5 \text{ L sln (3\%)}} * \frac{1 \text{ kg}}{1000 \text{ g}} = 0,011 \text{ kg de } Al_2(SO_4)_3$$

Sabiendo que la densidad del reactivo al 0,1 % es 800 kg/L, se procede a hallar la concentración requerida del polímero floculante para el proceso de floculación en el tratamiento de aguas.

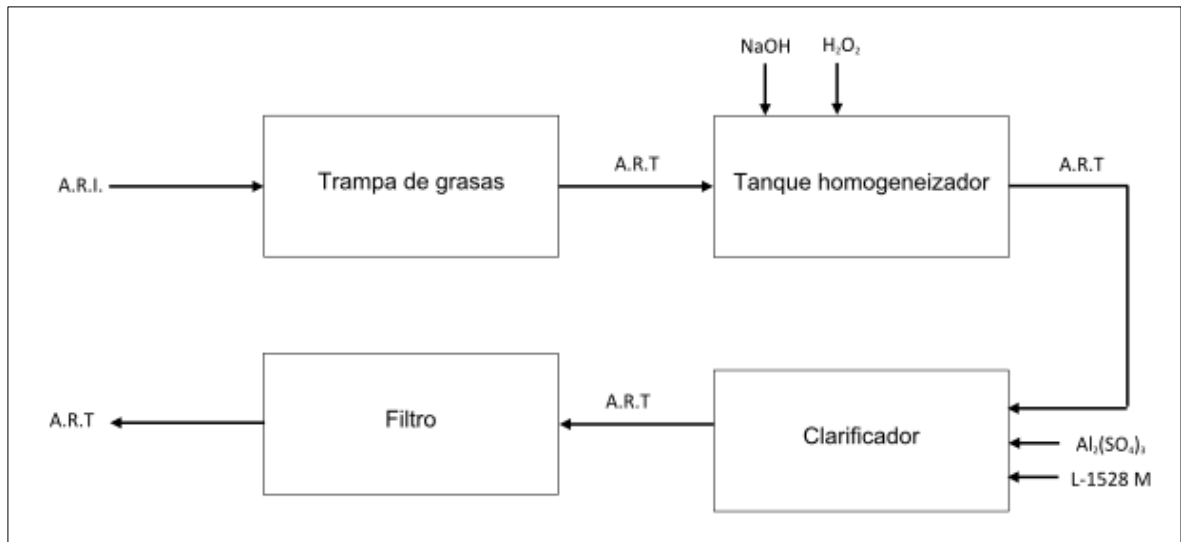
$$C_{H_2O_2} = 11 \frac{L}{1 \text{ m}^3} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} * \frac{0,8 \text{ kg}}{L} * \frac{1e^6 \text{ mg}}{1 \text{ kg}} = 73000 \frac{\text{mg}}{L} = 8.800 \text{ ppm}$$

5.3 UBICACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO EN LA PLANTA

Los diagramas de proceso permiten observar la distribución de los equipos en la planta y el proceso a llevar a cabo. En ellos, son mostradas las corrientes de entrada y salida del proceso, operaciones unitarias, condiciones de proceso y las respectivas convenciones dependiendo del tipo de diagrama a trabajar.

5.3.1 Diagrama de bloque del proceso. En los diagramas de bloque se esquematiza las operaciones unitarias y procesos a realizar con sus respectivas corrientes de entrada y salida. En la **Figura 43** se observa el diagrama de bloques correspondiente al sistema de tratamiento de aguas planteado con los reactivos a utilizar durante el tratamiento.

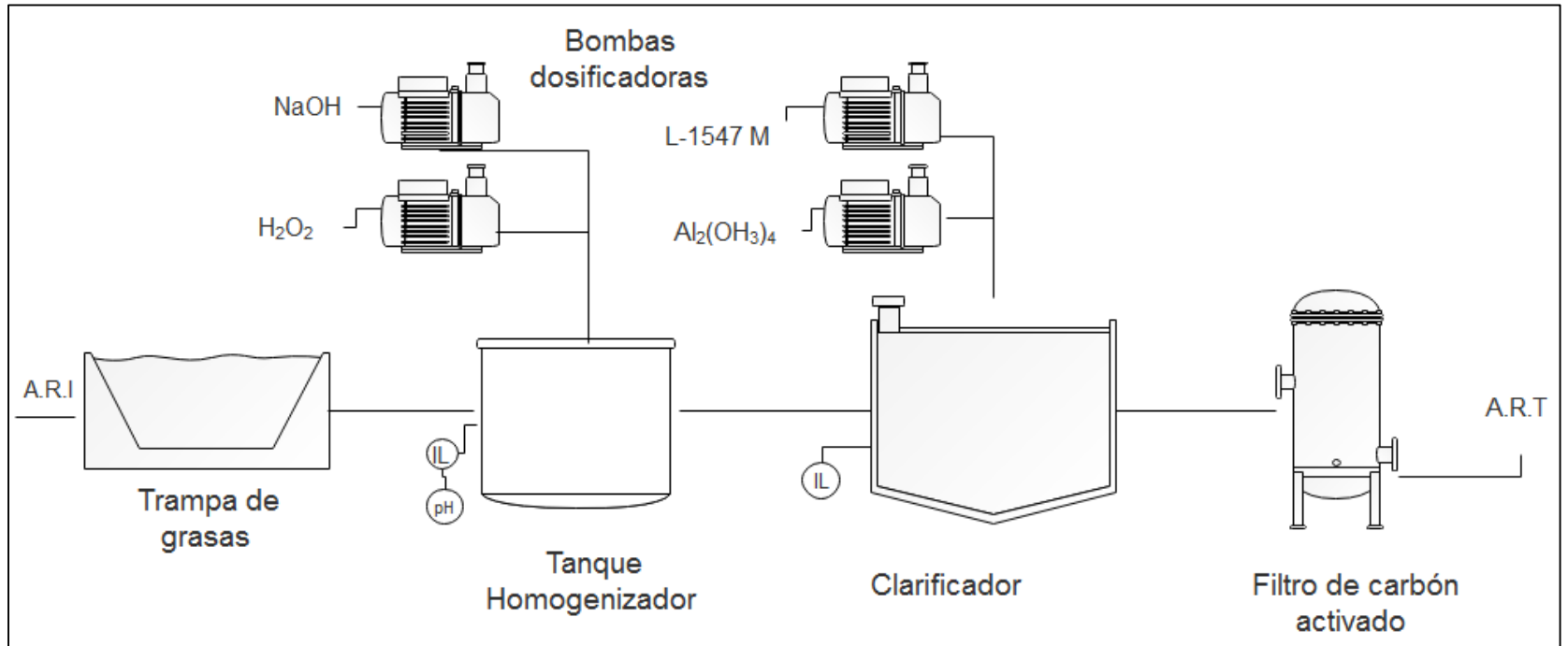
Figura 43. Diagrama de bloques del proceso de tratamiento



Fuente: elaboración propia con base en Microsoft Office Word

5.3.2 Diagrama PFD del proceso. En los diagramas de PFD se esquematiza las operaciones unitarias y procesos a realizar con sus respectivas corrientes de entrada y salida, bombas y válvulas requeridas en el proceso y así mismo los sensores de nivel e indicadores de pH necesarios en el sistema. En la **Figura 44** se observa el diagrama de PFD correspondiente al sistema de tratamiento de aguas planteado con los reactivos a utilizar durante el tratamiento y sus bombas dosificador.

Figura 44. Diagrama PFD del proceso de tratamiento



Fuente: elaboración propia con base en EDrawMax

6. ANÁLISIS DE COSTOS

La implementación del sistema de tratamiento debe tener en cuenta la inversión de equipos necesarios para el proceso, el costo de operación del sistema, el costo de multas y sanciones a aplicar si no se cumple con la normativa. Con base a esto, se lleva a cabo el estudio de factibilidad de la alternativa basados en indicadores financieros. Este capítulo muestra detalladamente el estudio llevado a cabo para el correspondiente desarrollo.

6.1 COSTOS DE FABRICACIÓN

Debido a que la planta no cuenta con sistema de tratamiento, se deberá realizar la implementación de todos los equipos propuestos según la experimentación llevada a cabo y los tratamientos a implementar. El material de los equipos, su estructura de diseño y especificaciones técnicas son necesarias para determinar el costo unitario y asegurar la efectividad del tratamiento. Para ello, se realizó la respectiva cotización con la empresa Aguas Sistema y Soluciones Integrales S.A.S. como se evidencia en la **Tabla 31**, donde se muestran los costos de los equipos requeridos y en el **ANEXO I** se describen con detalle las especificaciones de diseño de cada uno de los equipos.

Tabla 31. Costos de equipos

Producto	Cantidad	U M	Costo Unitario (COP)	Costo Total (COP)
Trampa de grasas	1	UND	\$ 4,500.000	\$ 4.500.000
Tanque homogeneizador	1	UND	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000
Bombas dosificadoras	4	UND	\$ 2.000.000	\$ 8.000.000
Tanque Clarificador	1	UND	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000
Sistema de bombeo	1	UND	\$ 9.300.000	\$ 9.300.000
Sistema de filtración	2	UND	\$ 6.500.000	\$ 13.000.000
			Subtotal	\$64.800.000
			IVA (19%)	\$ 12.312.000
			Valor total	\$ 77.112.000

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por Aguas Sistema y Soluciones Integrales S.A.S.

Los costos de instalación están incluidos en la respectiva cotización, teniendo en cuenta obras de transporte y unidades de tipo semicompacta facilitando la instalación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

6.2 COSTOS DE OPERACIÓN

El funcionamiento del sistema de tratamiento requiere de costos adicionales tales como gastos energéticos, reactivos y mano de obra requerida para el correcto manejo y mantenimiento de equipos.

- **Costo de reactivos:** para determinar el costo de reactivos, se toma en cuenta las cantidades necesarias de cada uno según la experimentación realizada. En la **Tabla 32** se muestran el respectivo costo para el funcionamiento del sistema anualmente.

Tabla 32. Costo de reactivos

Insumo	Costo por kilogramo (COP)	Dosis diaria (kg)	Dosis Anual (kg)	Costo anual (COP)
Peróxido de hidrogeno	4300	1,98	722,7	3.107.600
Hidróxido de sodio	3,600	0,066	24.09	86.750
Sulfato de aluminio	3.000	1,98	723	2.169.000
L-1547 M	26.000	0,011	4,015	104.400
			Total	5.467.750

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por FARGRAMQUIM S.A.S

- **Costos energéticos:** la dosificación de reactivos se realizará mediante bombas dosificadoras para cada reactivo, cada bomba requiere 110 W. A demás, se contará con un sistema de bombeo para permitir el paso del agua hacia los tanques con una potencia de 1,5 HP equivalentes a 1,12 kW. El cálculo de costos energéticos es resumido en la **Tabla 33**.

Tabla 33. Costos energéticos del sistema de bombeo

Equipo	Cantidad	Potencia (kW)	Costo kWh (COP)
Sistema de bombeo	1	1,12	\$ 532
Bombas dosificadoras	4	0,11	\$ 532

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por Aguas Sistema y Soluciones Integrales S.A.S.

Conociendo la potencia requerida del sistema de bombeo, se determina el tiempo de activación (t_a) de este teniendo en cuenta el caudal diario de tratamiento de agua residual de 13,3333 m³ al día o 554 L por hora mediante la relación mostrada a continuación.

$$t_a = 555,54 L * \frac{1 h}{60 L} = 9,3 \text{ horas}$$

Una vez determinado el tiempo de duración del tratamiento, se determina el consumo anual energético del sistema de bombeo como se muestra a continuación.

$$9,3 \frac{h}{\text{dia laboral}} * \frac{30 \text{ dias}}{1 \text{ mes}} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} * \frac{1,12 \text{ kW}}{h} * \frac{\$ 532}{\text{kW}} = \$1.994.872/\text{año}$$

Finalmente, se calcula el costo energético correspondiente a las bombas dosificadoras, teniendo en cuenta que la referencia de la bomba será la misma para cada reactivo con un caudal máximo de dosificación de la bomba de 60 L/h⁴⁰, una potencia de 0,11 kW, y así mismo la dosificación de cada reactivo.

- **Bomba 1. Dosificación de peróxido de hidrogeno**

$$t_a = 66 \text{ L} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ L}} = 1,1 \text{ horas}$$

Una vez determinado el tiempo de duración del tratamiento, se determina el consumo anual energético del sistema de bombeo como se muestra a continuación.

$$1,1 \frac{h}{\text{dia laboral}} * \frac{30 \text{ dias}}{1 \text{ mes}} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} * \frac{0,11 \text{ kW}}{h} * \frac{\$ 532}{\text{kW}} = \$ 23.174/\text{año}$$

- **Bomba 2. Dosificación de hidróxido de sodio:** de manera análoga, se determina el tiempo de activación correspondiente a 1,5 horas sabiendo que la dosificación del reactivo es de 88 L, obteniendo un consumo de \$31.600/año.
- **Bomba 3. Dosificación de sulfato de aluminio:** la dosificación de coagulante es idéntica a la requerida por peróxido de hidrogeno, por la tanto el costo anual corresponde a \$ 23.174/año.
- **Bomba 4. Dosificación de L-1547 M:** por último, se determina el tiempo de activación para el floculante correspondiente a 0,18 horas sabiendo que la dosificación del reactivo es de 11 L, obteniendo un consumo de \$3.790/año.

Para concluir, se calcula el costo energético total de \$2.076.610 según los análisis realizados anteriormente.

- **Mano de obra:** el sistema de tratamiento planteado cuenta con un funcionamiento automatizado, razón por la cual, se requiere de un operario para el control del sistema y verificar el correcto funcionamiento de los equipos. El costo correspondiente a la nómina se calcula con base al salario mínimo legal

⁴⁰ SERVICLORO. 27, mayo, 2019. Consultado en: <http://servicloro.com/productos-lideres-en-equipos-de-dosificacion-bombas-dosificadoras/bombas-dosificadoras>

vigente en Colombia (SMLV) para el año 2019, posteriormente, se determinan las prestaciones sociales y sistema de seguridad social requeridas de acuerdo con lo exigido por la ley para un año de contratación según se muestra en la **Tabla 34**.

Tabla 34. Cálculo de Prestaciones sociales y sistema de seguridad social

Variable	Valor mensual (COP)
SMLV	828.116
Auxilio de transporte	97.032
Vacaciones	34.505
Cesantías	77.096
Intereses a las cesantías	9.251
Prima de servicios	77.096
Caja de compensación	33.125
Salud (EPS)	70.390
Pensión (AFP)	99.374
Riesgos Profesionales (ARL)	4.323
Total	\$1.330.308

Fuente: elaboración propia con base en datos tomados de Ministerio de trabajo

Por lo tanto, en mano de obra se tendrá un costo anual de \$15.963.696.

6.3 COSTO DE MULTAS

El vertimiento de aguas sin tratamiento respectivo actualmente es regulado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo, así mismo, se aplican sanciones y multas respectivas si no se cumple con la normativa. Según la resolución 2086 de 2010 se determinó el valor mensual de multa para la empresa de lácteos IBEL mediante las consideraciones mencionadas en esta. A continuación, se muestra el debido proceso.

- **Beneficio ilícito (B):** referido a las ganancias con respecto al infractor el cual se calcula mediante la **Ecuación 15**.

Ecuación 15. Cálculo del beneficio ilícito

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

Donde:

B: Beneficio ilícito obtenido por el infractor

Y: Sumatoria de ingresos y costos (y_1 ingresos directos, y_2 costos evitados y y_3 ahorros de retraso)

p: Capacidad de detección de la conducta esta puede ser baja media o alta con un valor de 0,40, 0,45 o 0,50 respectivamente.

Debido a que lácteos IBEL es una microempresa para el cálculo de Y se toma el valor máximo de ingresos ordinarios anuales para una microempresa en el sector de comercio de 44 769 UVT⁴¹ equivalentes a \$ 1.534.233.680 COP anuales. Debido a que no se conocen los ingresos de la empresa se estima el valor máximo y así conocer el valor máximo de la multa.

Con respecto a la capacidad de detección se toma una detección baja, dado que la posibilidad de detección de la infracción al ser un municipio sin regulación directa es mínima.

$$B = \frac{127.849.947 * (1 - 0,4)}{0,4} = \$ 191.774.920 \text{ COP}$$

De acuerdo con la resolución B no debe superar los 5000 SMMLV, la empresa cumple con este requerimiento.

- **Importancia de la afectación (I):** se establece el valor cualitativo del impacto ambiental según la resolución.⁴²

Ecuación 16. Cálculo de la importancia de afectación

$$I = 3 * IN + 2 * EX + PE + RV + MC.$$

Donde

IN: Intensidad.

EX: Extensión

PE: Persistencia

RV: Reversibilidad

MC: Recuperabilidad

⁴¹ HERNANDEZ, Camilo. Clasificación según ingresos para MiPymes. 09, mayo, 2018. INSTITUTO NACIONAL DE CONTADORES PUBLICOS. Disponible en: <https://www.incp.org.co/clasificacion-segun-ingresos-mipymes/>

⁴² Ministerio de Ambiente y Desarrollo. Resolución 2086 de 2010 Tasación de multas. Oct 25. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Regimen-Sancionatorio-Ambiental/res_2086_251010.pdf

Los valores establecidos para las variables son mostrados en la **Tabla 35** basados en la norma y las condiciones actuales de la empresa.

Tabla 35. Indicadores de grado de afectación para evaluada

Variable	Valor
Intensidad (IN)	1
Extensión (EX)	4
Persistencia (PE)	1
Reversibilidad (RV)	1
Recuperabilidad (MC)	1

Fuente: elaboración propia

Así, se procede a calcular el grado de afectación, donde, según la resolución, el valor obtenido presenta un grado leve de afectación.

$$I = 3 * 1 + 2 * 4 + 1 + 1 + 1 = 14$$

- **Grado de afectación o evaluación de riesgo (*i*)**

Ecuación 17. Cálculo del Grado de afectación

$$i = (22,06 * SMMLV) * I$$

Donde

SMMLV: Salario mínimo mensual legal vigente

I: Importancia de la afectación

$$i = (22,06 * 828.116) * 14 = \$ 255.755.345 \text{ COP}$$

- **Factor de temporalidad (α):** refiriéndose al tiempo en el cual se comete infracción ambiental

Ecuación 18. Factor de temporalidad

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

Donde

d: días que ocurre la afectación (entre 1 y 365)

El valor de d fue tomado como 365 ya que no se tiene tratamiento de aguas actualmente y la empresa funciona de domingo a domingo todo el año.

$$\alpha = \frac{3}{364}(365) + \left(1 - \frac{3}{364}\right) = 4$$

- **Multa:** corresponde al valor mensual de pago por parte de la empresa por incumplir con la normativa, este es evaluado según los parámetros establecidos anteriormente.

Ecuación 19. Multa

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

Donde

B: Beneficio implícito

α : Factor de temporalidad

i : Grado de afectación ambiental o evaluación de riesgo

A: Circunstancias atenuantes y agravantes

Ca: Costos asociados

Cs: Capacidad socioeconómica del infractor

La capacidad socioeconómica del infractor en este caso se toma como persona jurídica en categoría de microempresa con un factor de ponderación de 0,25⁴³. Los costos asociados serán nulos ya que no corresponden con lo mencionado por la Autoridad ambiental. Por último, no se cuentan con circunstancias agravantes o atenuantes.

$$Multa = 191.774.920 + [(4 * 255.755.345) * (1 + 0) + 0] * 0,25 = \$ 447.530.265$$

De esta forma, se determina el valor mensual de multa por incurrir en la afectación ambiental, además, se debe tener en cuenta los sellamientos los cuales serán de interés si la empresa cuenta con llamados de atención.

⁴³ Ministerio de Ambiente y Desarrollo. Resolución 2086 de 2010 Tasación de multas. Oct 25. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Regimen-Sancionatorio-Ambiental/res_2086_251010.pdf

6.4 ESTUDIO FINANCIERO

6.4.1 Flujo de caja. La implementación de la alternativa es evaluada en un periodo de un año, teniendo en cuenta el análisis de costos desarrollado previamente. La empresa actualmente no cuenta con sistema de tratamiento, por ello, se realizó un flujo de caja neto según la **Tabla 36**, donde no se generan ingresos directos evaluando así el total de egresos de la propuesta.

Tabla 36. Flujo de caja

Años	Mes 0	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5
Ingresos	\$ -	\$ 10.000.000	\$ 11.000.000	\$ 11.100.000	\$ 11.110.000	\$ 11.111.000
Costos de reactivos	\$ -	\$ 455.650	\$ 455.650	\$ 455.650	\$ 455.650	\$ 455.650
Costos energéticos	\$ -	\$ 173.051	\$ 173.051	\$ 173.051	\$ 173.051	\$ 173.051
Costos de mano de obra	\$ -	\$ 1.330.308	\$ 1.330.308	\$ 1.330.308	\$ 1.330.308	\$ 1.330.308
Costos de caracterización	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Inversión	-\$ 77.112.000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Total egresos	-\$ 77.112.000	\$ 8.040.991	\$ 9.040.991	\$ 9.140.991	\$ 9.150.991	\$ 9.151.991

Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12	Total
\$ 11.111.100	\$ 11.111.110	\$ 11.111.111	\$ 11.111.111	\$ 11.111.111	\$ 11.111.111	\$ 11.111.111	\$132.098.765
\$ 455.650	\$ 455.650	\$ 455.650	\$ 455.650	\$ 455.650	\$ 455.650	\$ 455.650	\$ 5.467.800
\$ 173.051	\$ 173.051	\$ 173.051	\$ 173.051	\$ 173.051	\$ 173.051	\$ 173.051	\$ 2.076.610
\$ 1.330.308	\$ 1.330.308	\$ 1.330.308	\$ 1.330.308	\$ 1.330.308	\$ 1.330.308	\$ 1.330.308	\$ 15.963.696
\$ 298.690	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 298.690	\$ 597.380
\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	-\$ 77.112.000
\$ 8.853.401	\$ 9.152.101	\$ 9.152.102	\$ 9.152.102	\$ 9.152.102	\$ 9.152.102	\$ 8.853.412	\$ 30.881.279

Fuente: elaboración propia con base en Microsoft Office Excel

6.4.2 Análisis de resultados respecto al flujo de caja. De acuerdo con el flujo de caja, se evidencia la factibilidad de implementación del proyecto propuesto con respecto a la multa generada por incumplir con la alternativa la cual representa un coste mayor respecto a los generados en el sistema de tratamiento.

El indicador B/C, determina la viabilidad de aplicación del proyecto a la empresa, según la **Ecuación 20**.

Ecuación 20. Indicador beneficio costo

$$B/C = \frac{\text{Ingresos totales netos}}{\text{Costos totales}}$$

Para determinar los ingresos totales netos, se tuvo en cuenta el valor aproximado dado por la empresa debido a que no es posible conocer el valor exacto por confidencialidad, la empresa cuenta con un aumento mensual 1% aproximadamente valor proporcionado por la empresa teniendo un valor de ingresos netos anuales de \$107. 993.279 COP. En el caso de los costos se toma tanto el costo de operación como el de inversión del sistema de tratamiento en un periodo de un año.

$$B/C = \frac{\$ 107.993.279}{\$ 101,217.486} = 1.1$$

Si la relación B/C es mayor a la unidad, el proyecto es viable⁴⁴. Con esto, se observa la importancia de implementación ya que no solo produce un ahorro anual con respecto al pago de las multas, sino que además el sistema de tratamiento contribuye con el cuidado del medio ambiente evitando el vertimiento directo de aguas residuales a fuentes hídricas cercanas.

⁴⁴ HERRERA, Fabio; VELASCO, Cecilia; DENEN, Hetty; RADULOVICH, Ricardo. Fundamentos de análisis económico. Turrialba, 1994., p.43. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=jBwOAQAIAAJ&pg=PA43&dq=Relacion+beneficio/costo&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi9gub99b7iAhVks1kKHceKBFwQ6AEIKTAA#v=onepage&q=Relacion%20beneficio%2Fcosto&f=false>

7. CONCLUSIONES

- La implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la empresa de lácteos IBEL es viable dado que actualmente no posee una planta, causando un vertimiento de 8,57 m³/día valor obtenido del balance hídrico realizado.
- Se determinó como fuente principal el lavado de equipos, generando materia orgánica principalmente como se evidencia en el sector de lácteos, lo cual afecta cuerpos de agua cercanos, flora y fauna en los alrededores.
- De acuerdo a los resultados mostrados en la primera caracterización los parámetros analizados se establecieron como críticos al rectificar su incumplimiento según la Resolución 0631 de 2015 emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como ente regulador.
- La investigación bibliográfica permitió establecer las bases para la selección del sistema de tratamiento teniendo en cuenta los requerimientos dados por la empresa.
- La colectividad de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera y las investigaciones realizadas del tema trabajado permitió la realización de matrices de selección evaluando la viabilidad técnica, operativa y económica en la reducción de cada parámetro y así estudiar la implementación de una trampa de grasas, seguido un proceso de neutralización con NaOH y oxidación con H₂O₂, coagulación y floculación con Al₂(SO₄)₃ y L-1547M polímero aniónico de carga aniónica baja y filtración con carbón activado.
- Se realizó la respectiva caracterización en laboratorios externos, donde se concluye el cumplimiento con la normativa en los cinco parámetros.
- Según los resultados arrojados en el balance hídrico y la experimentación se dimensionaron equipos acordes a las necesidades de la empresa y a los principios de diseño para cada uno.
- Por medio de un análisis B/C se determinó la viabilidad del proyecto donde se obtuvo un valor de 1,1, el cual, al ser mayor a la unidad rectifica lo mencionado. Además, es necesario evaluar el valor de multas si no se implementase la alternativa mediante la Resolución 2086 de 2010, obteniendo un costo mensual alto debido a que el tratamiento no genera ingresos directos y el ahorro al implementar la planta es alto comparado con el pago de la multa.

8. RECOMENDACIONES

- Controlar pH y nivel en el tanque homogeneizador y clarificador mediante dispositivos de control con el objetivo de llevar un mejor control del proceso así mismo que este sea eficiente.
- Llevar a cabo dos caracterizaciones anuales para asegurar el funcionamiento del tratamiento con respecto a la alternativa.
- Analizar la opción de recircular el agua tratada para su uso en descarga de inodoros o lavado de pisos.
- Evaluar opciones de lavado del carbón activado para su posible reutilización en el filtro propuesto.
- Se recomienda un control adecuado del lavado de equipos mediante la estandarización del consumo de agua para evitar usos inadecuados de esta.
- Llevar a cabo la respectiva revisión bibliográfica para establecer tiempos de retención en trampa de grasas, tanque de homogeneización y clarificador.
- Se recomienda evaluar la temperatura y los sólidos sedimentables (SSDE) en las caracterizaciones posteriores y así mismo revisar la normativa para establecer la temperatura de vertimiento.
- Con el fin de tener datos más exactos se recomienda hacer mínimo tres muestreos para la caracterización del agua residual industrial en un día de producción
- Estudiar las proyecciones de producción y las posibles líneas de producción a implementar en un futuro.
- Se debe tener en cuenta que el estudio realizado está basado en un turno de producción en caso de ampliar la producción.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDÍA, Yolanda. Tratamiento de agua coagulación y floculación. Lima, Perú. Abril 2000. Disponible en: http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=2792d3e3-59b7-4b9e-ae55-56209841d9b8&groupId=10154
- ADRADA, Cristian. Propuesta de tratamiento para las aguas residuales industriales generadas por la empresa PROALIMENTOS LIBER S.A.S. Fundación Universidad de América, 2015. p. 21-143.
- AYCACHE, Karina. Coagulación y floculación. Disponible en: https://www.academia.edu/24901338/COAGULACION_Y_FLOCULACION
- BRAVO, David, HENAO, ZULYS. Desarrollo de una propuesta de mejora en el sistema de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de lácteos LEVELMA, municipio Cajicá. Trabajo de grado ingeniería química. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de ingenierías. 2016.
- BAIN, Ingrid. Etapas del proceso de elaboración de quesos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Ciudad autónoma de Buenos Aires.
- CRISTANCHO, Angie y NOY, Andrés. Diseño conceptual de una planta de tratamiento de aguas residuales para PELIKAN Colombia S.A.S. Trabajo de grado ingeniería química. Bogotá D.C.: Universidad de América. Facultad de ingenierías. 2016., p.114
- CRUZ, Aura y SIERRA, Claudia. Propuesta de una alternativa de tratamiento de aguas residuales en la salsamentaria El Bohemio. Trabajo de grado ingeniería química. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América. Facultad de ingenierías. 2016., p. 128
- ESCUDERO, Fred y DIESTRA Alex. Influencia de la concentración de dos tipos de floculantes en el color y turbidez del jugo clarificado en Agroindustrias San Jacinso S.A.S. Trabajo de grado Ingeniero Agroindustrial. Nuevo Chimbote. Perú: Universidad Nacional del Santa. Facultad de ingenierías. 2016
- FORERO, Jorge; ORTIZ, Olga y RIOS Fabián. Aplicación de procesos de oxidación avanzada como tratamiento de fenol en aguas residuales industriales de refinería. Bucaramanga, Colombia. 2005. En Ciencia Tecnología y Futuro: <http://www.scielo.org.co/pdf/ctyf/v3n1/v3n1a08.pdf>
- HENRY, J., Glynn, *et al.* Ingeniería ambiental. México: Prentice - Hall, 1999.
- HERNÁNDEZ, Ana. Sólidos suspendidos totales en agua secados a 103 – 105 °C. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>

HIGUERA, Oscar y TRISTANCHO, JOSE. Estudio electroquímico de la reducción DEL peróxido de hidrogeno sobre aleaciones utilizadas en la industria joyera. 30, mayo, 2006. ISSN 0122-1701. Disponible en: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjNvr_FjL3iAhUIWN8KHbgcBygQFjAAegQIARAC&url=https%3A%2F%2Fdiain.et.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F4832447.pdf&usg=AOvVaw1Y2HKxzwGojleQHmvCDLaK

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio de normas para trabajos escritos NTC-1486-6166. Bogotá D.C.: El instituto, 2018. ISBN 9789588585673 153 p.

KUMAR, R. Vinoth, et al. Dairy wastewater treatment using a novel low-cost tubular ceramic membrane and membrane fouling mechanism using pore blocking models. En: JOURNAL OF WATER PROCESS ENGINEERING. Oct. vol. 13, p. 168-175.

LEITON, Miguel, SEDANO, Paula. Desarrollo de una propuesta de mejora para la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa de lácteas inversiones FASULAC LTDA. Bogotá D.C.: Fundación Universidad de América.

LOPEZ, María y MENDOZA Laura. Desarrollo de una propuesta de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales para la reducción de la DQO y DBO en la fábrica de chocolates triunfo s.a. Trabajo de grado para optar al título de ingeniero químico. Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Bogotá D.C. 2018. p 23.

MARCIEL Dela Justina, Beatriz Rodríguez Bagnolin Muniz, Mariana Mattge Bröring, Valdeci José Costa, Everton Skoronski. Using vegetable tannin and polyaluminium chloride as coagulants for dairy wastewater treatment: A comparative study. En: Journal of water process engineering. Jun 26.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo. DECRETO 3930 DE 2010. Disponible en: http://www.corpamag.gov.co/archivos/normatividad/Decreto3930_20101025.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo. Resolución 0631 de 2015 Calidad vertimientos. Mar 17. Disponible en: <http://www.aguasdebuga.net/intranet/sites/default/files/Resolución%200631%20de%202015-Calidad%20vertimientos.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo. Resolución 2086 de 2010 Tasación de multas. Oct 25. Disponible en: http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Regimen-Sancionatorio-Ambiental/res_2086_251010.pdf

RAMALHO, Rubens Sette, *et al.* Tratamiento de aguas residuales. Barcelona: Editorial Reverté, 1996.

RODRIGUEZ, Marcela y RUIZ, Paola. Desarrollo de un sistema de tratamiento de aguas residuales industriales para la planta de producción Asequimicos S.A.S. Trabajo de grado Ingeniero químico. Bogotá D.C.: Universidad de América. Facultad de ingenierías. 2018., p. 86

RODRIGUEZ, Tatiana; BOTELHO, Diego y CLETO, Eduardo. Tratamiento de efluentes industriales de naturaleza recalcitrante usando ozono, peróxido de hidrogeno y radiación ultravioleta. 2008. En Scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n46/n46a03.pdf>

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales: teoría y principios de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008.

SARKAR, Baisali. Wastewater treatment in dairy industries — possibility of reuse. En: JOURNAL OF WATER PROCESS ENGINEERING. vol. 195, no. 1, p. 141-152

VALENCIA, Elizabeth y RAMIREZ María. La industria de la leche y la contaminación del agua. Puebla, México. 2009. Disponible en: <http://www.elementos.buap.mx/num73/pdf/27.pdf>

WILDBRETT, Gerhard. Métodos De Control De Sustancias Químicas. En: Gerhard Wildbrett. Limpieza Y Desinfección En La Industria Alimentaria. Acribia, 2000. p. 245. ISBN 9788420009131

ANEXOS

ANEXO A.

PARÁMETROS DE LA RESOLUCIÓN 0631 DE 2015 CORRESPONDIENTES AL SECTOR EN LAS ACTIVIDADES DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS Y BEBIDAS

SECTOR: ACTIVIDADES DE ELABORACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS Y BEBIDAS

ARTÍCULO 12. Parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ARnD a cuerpos de aguas superficiales de actividades asociadas con elaboración de productos alimenticios y bebidas. Los parámetros fisicoquímicos que se deberán monitorear y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ARnD de las actividades de elaboración de productos alimenticios y bebidas a cumplir, serán los siguientes:

PARÁMETRO	UNIDADES	ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS	ELABORACIÓN DE ACEITES Y GRASAS DE ORIGEN ANIMAL Y VEGETAL	ELABORACIÓN DE CAFÉ SOLUBLE
Generales				
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O ₂	450,00	550,00	1.000,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L O ₂	250,00	300,00	600,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	150,00	300,00	400,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	ml/L	2,00	2,00	5,00
Grasas y Aceites	mg/L	20,00	40,00	30,00
Compuestos Semivolátiles Fenólicos	mg/L		Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Hidrocarburos				
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L		10,0	
Compuestos de Fósforo				
Ortofosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Fósforo Total (P)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Compuestos de Nitrógeno				
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Nitritos (N-NO ₂ ⁻)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Nitrógeno Amónico/al (N-NH ₃)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Nitrógeno Total (N)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Iones				
Cloruros (Cl ⁻)	mg/L	500,00	500,00	
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mg/L	500,00	250,00	
Sulfuros (S ²⁻)	mg/L			
Metales y Metaloides				
Cadmio (Cd)	mg/L		0,05	
Cinc (Zn)	mg/L		3,00	
Cobre (Cu)	mg/L		1,00	
Cromo (Cr)	mg/L		0,50	
Mercurio (Hg)	mg/L		0,01	
Niquel (Ni)	mg/L		0,50	
Piomo (Pb)	mg/L		0,20	
Otros Parámetros para Análisis y Reporte				
Acidez Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Cálcica	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte
Color Real (Medidas de absorbancia a las siguientes longitudes de onda: 436 nm, 525 nm y 620 nm)	m ⁻¹	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte

ANEXO B.

**TABLA DE DATOS LLEVADOS A CABO EN LA MEDICIÓN DE CAUDALES
PARA EL LAVADO DE EQUIPOS EN LA EMPRESA DE LÁCTEOS IBEL**

Equipo	tr1 (s)	tr2 (s)	tr3 (s)	tr, prom(s)	Vr (m³)	tx (s)	Caudal (m³/día)
Cantinas	29,31	29,20	29,22	29,29	0,012	48,82	0,020
Tanque de filtrado	29,31	29,20	29,22	29,29	0,012	240,60	0,0986
Tanque de cuajado	29,31	29,20	29,22	29,29	0,012	320,80	0,1314
Descremadora	29,31	29,20	29,22	29,29	0,012	733,90	0,3007
Tanque de suero	29,31	29,20	29,22	29,29	0,012	600,47	0,2460
Mesa de escurrido	29,31	29,20	29,22	29,29	0,012	299,93	0,1229
Marmitas	29,31	29,20	29,22	29,29	0,012	690,27	0,2828
Moldes	29,31	29,20	29,22	29,29	0,012	12,30	5,04x10 ⁻³
Tanque agitado	29,31	29,20	29,22	29,29	0,012	252,93	0,1036

ANEXO C.
**CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL DE LA
EMPRESA DE LÁCTEOS IBEL**



LABORATORIO QUIMICONTROL LTDA.
Ambiente e Industria



**INSTITUTO DE HIDROLOGÍA,
METEOROLOGÍA Y
ESTUDIOS AMBIENTALES**
Laboratorio acreditado
N° 097 de 2015
Resolución de
extensión de la
acreditación N° 0097 de
2016, 0010 y 1503 de
2017

INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

INFORME 1 OCA 1143-AG
27 de febrero de 2019

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Señora
LAURA BULLA TRUJILLO
Teléfono: 3103442265
Dirección: Cra 89 #83C-45
e-mail: laurabulla08@gmail.com
Bogotá

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

ORDEN DE SERVICIO: 7164
FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 16 de febrero de 2019
MATRIZ: ARI
FECHA DE MUESTREO: 14 de febrero de 2019
TIPO DE MUESTREO: Puntual
PUNTO DE MUESTREO: Fábrica IBEL
IDENTIFICACIÓN MUESTRA: 19-AG688
OBSERVACIONES: Muestra tomada por el cliente y enviada al laboratorio

Variable	Unidad	Método	Fecha Análisis	Resultados	Incertidumbre
pH-en laboratorio a 25°C a °C **	Unidad	SM 4500-H ⁺ B, Electrométrico	2019-02-16	3,99	N.D.
Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅ **	mg/L O ₂	SM 5210 B, 4500-O C Incubación Modificación de Azida	2019-02-16	1910,4	±124.176
Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L O ₂	SM 5220 C, Volumétrico, Reflujo Cerrado	2019-02-16	3449,4	±241.458
Grasas y aceites	mg/L	SM 5520 D, Extracción Soxhlet	2019-02-19	240	±8.4
Sólidos suspendidos totales, SST	mg/L	SM 2540 D, Gravimetría, Secado	2019-02-19	526	±12.2874

SM: "STANDARD METHODS For The Examination Of Water And Wastewater" 23RD EDITION, 2017. (**): Variable que no se encuentra acreditada. N.D.: No disponible. ARI: Agua Residual Industrial.

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

NOTA 2: La reproducción parcial de este informe será 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.

CYNTHIA PAOLA ÁVILA GARAVITO
Química, Matricula Profesional PQ-5002
Coordinadora Técnica

Elaboró: Ninfa Yiseth Martínez Arevalo
Revisó: Johan David Quiroga Alarcón

FIN DEL INFORME

ANEXO D.

**CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL DE LA EMPRESA
DE LÁCTEOS IBEL TRATADA EN LA ETAPA DE PRE-EXPERIMENTACIÓN
REALIZADA POR LABORATORIOS QUIMICONTROL LTDA**



LABORATORIO QUIMICONTROL LTDA.
Ambiente e Industria

INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO

INFORME 2 OCA 1143-AG
11 de abril de 2019



IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Señora
LAURA BULLA TRUJILLO
Teléfono: 3103442265
Dirección: CARRERA 89 # 83C - 45
e-mail: laurabulla08@gmail.com
Bogotá D.C

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

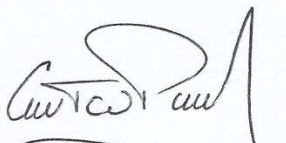
ORDEN DE SERVICIO: 7523
FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 1 de abril de 2019
MATRIZ: ARI
FECHA DE MUESTREO: 1 de abril de 2019
TIPO DE MUESTREO: Compuesta
PUNTO DE MUESTREO: Laboratorio
IDENTIFICACIÓN MUESTRA: 19-AG1364
OBSERVACIONES: Muestra tomada por el cliente y enviada al laboratorio..

Variable	Unidad	Método	Fecha Análisis	Resultados	Incertidumbre
pH-en laboratorio a 25°C a °C **	Unidad	SM 4500-H ⁺ B, Electrométrico	2019-04-01	6,64	N.D.
Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L O ₂	SM 5220 C, Volumétrico, Reflujo Cerrado	2019-04-03	3227,5	±225.925
Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	mg/L O ₂	SM 5210 B, 4500-O C Incubación Modificación de Azida	2019-04-03	2188,8	±142.272
Grasas y aceites	mg/L	SM 5520 D, Extracción Soxhlet	2019-04-02	5,63	±0.1969
Sólidos suspendidos totales, SST	mg/L	SM 2540 D, Gravimetría, Secado	2019-04-02	38	±0.8877

SM: "STANDARD METHODS For The Examination Of Water And Wastewater" 23RD EDITION, 2017. (**): Variable que no se encuentra acreditada. N.D.: No disponible. ARI: Agua Residual Industrial.

- 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.


CYNTHIA PAOLA ÁVILA GARAVITO
Química, Matricula Profesional PQ-5002
Coordinadora Técnica

Elaboró: Carolina Liceth Navarro Lopez
Revisó: Ninfa Yiseth Martínez Arevalo

FIN DEL INFORME

ANEXO E.

**CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL DE LA EMPRESA
DE LÁCTEOS IBEL TRATADA EN LA ETAPA DE EXPERIMENTACIÓN
REALIZADA POR LABORATORIOS QUIMICONTROL LTDA**



L. Q. LABORATORIO QUIMICONTROL LTDA.
Ambiente e Industria

INFORME DE RESULTADOS DE LABORATORIO



INFORME 3 OCA 1143-AG
15 de mayo de 2019

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE

Señora
LAURA MARCELA BULLA TRUJILLO
Teléfono: 3103442265
e-mail: laurabulla08@gmail.com
Bogotá D.C.

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA

ORDEN DE SERVICIO: 7831
FECHA RECEPCIÓN MUESTRA: 6 de mayo de 2019
MATRIZ: ARI
FECHA DE MUESTREO: 6 de mayo de 2019
TIPO DE MUESTREO: Compuesto
PUNTO DE MUESTREO: IBEL
IDENTIFICACIÓN MUESTRA: 19-AG2015
OBSERVACIONES: Muestra tomada por el cliente y enviada al laboratorio

Variable	Unidad	Método	Fecha Análisis	Resultados	Incertidumbre
pH-en laboratorio a 25°C a °C **	Unidad	SM 4500-H ⁺ B, Electrométrico	2019-05-06	1,62	N.D.
Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	mg/L O ₂	SM 5210 B, 4500-O C Incubación Modificación de Azida	2019-05-06	< 10,3	±0.3187
Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L O ₂	SM 5220 C, Volumétrico, Reflujo Cerrado	2019-05-08	56,1	±3.9256
Grasas y aceites	mg/L	SM 5520 D, Extracción Soxhlet	2019-05-09	13,1	±0.4582
Sólidos suspendidos totales, SST	mg/L	SM 2540 D, Gravimetría, Secado	2019-05-08	25,5	±0.5957

SM: "STANDARD METHODS For The Examination Of Water And Wastewater" 23RD EDITION, 2017. (**): Variable que no se encuentra acreditada. (-): Menor que límite de cuantificación del método. N.D.: No disponible. ARI: Agua Residual Industrial.

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.

CYNTHIA PAOLA AVILA GARAVITO
Química, Matrícula profesional PQ-5002
Coordinadora Técnica

Elaboró: Johan David Quiroga Alarcón
Revisó: Ninfa Yiseth Martínez Arevalo

FIN DEL INFORME

ANEXO F.

**HOJAS DE SEGURIDAD DE LOS REACTIVOS FLOCULANTES USADOS EN
EL DESARROLLO EXPERIMENTAL PROPORCIONADOS POR LA EMPRESA
LIPESA**



LIPESA 1538

POLÍMERO ANIÓNICO

- Ideal para la deshidratación mecánica de lodos inorgánicos o minerales
- Aplicable a una gran variedad de aguas y efluentes industriales
- Trabaja en un rango amplio de pH: 1,0 - 12,0
- Fácilmente soluble en agua
- Excelente relación costo-rendimiento: Trabaja a dosis muy bajas

Usos principales

LIPESA 1538 ha sido especialmente formulado para ser utilizado en la deshidratación mecánica de lodos, provenientes de procesos de clarificación y espesamiento de efluentes industriales, especialmente los minerales. **LIPESA 1538** tiene también aplicación en la clarificación y espesamiento de aguas industriales y muchos otros procesos como el papelerero y azucarero. **LIPESA 1538** cumple con los requisitos de la FDA para uso en producción de azúcar bajo la Regulación Federal 21CFR.173.5.

Descripción General

LIPESA 1538 es un polímero sólido de "muy alto peso molecular", fuertemente aniónico, con las siguientes características:

Forma:	Granular de flujo libre
Color:	Blanco
Olor:	Inodoro
Viscosidad Brookfield (cP):	Mínimo 2000 al 0,5% Mínimo 1000 al 0,25% Mínimo 300 al 0,1%
Solubilidad:	Máxima en agua 0,5%

Dosis

La dosis de **LIPESA 1538** varía de acuerdo al tipo de proceso y efluente tratado. Las dosis típicas son:

- Deshidratación mecánica: 10 – 150 g/m³
- Espesamiento y clarificación: 0,05 – 30 g/m³

En todo caso, el Representante Técnico LIPESA le asesorará en el establecimiento de la dosis adecuada a su situación particular.

Modo de Empleo y Alimentación

LIPESA 1538 se debe alimentar de manera continua al proceso, en un punto de buena agitación y mezcla, utilizando bombas de dosificación de acero dulce o cualquier otro material. Para obtener el mejor rendimiento del producto, se debe preparar en soluciones hasta un 0,5% de concentración y alimentar luego al 0,1% de concentración como máximo.

El tiempo de preparación de las soluciones de **LIPESA 1538** es de 40 minutos. Se recomienda realizarlo de la siguiente manera:

- Agregarlo lentamente al agua mientras se agita. Esto evita la formación de grumos o apelmazamiento
- Agitar suavemente durante 10 – 15 minutos
- Dejar en reposo durante 5 – 10 minutos
- Y finalmente, agitar por 15 – 20 minutos

Despacho y Almacenamiento

LIPESA 1538 se despacha en bolsas de 25 kg. y 750 Kg. Se recomienda almacenarlo en un lugar seco y fresco. Mantener los envases cerrados para evitar la hidratación. Tiempo de almacenamiento (vida útil): 24 meses a partir de la fecha de elaboración indicada en el envase.

Manejo y Seguridad

LIPESA 1538 no presenta riesgos en su manejo. Como todo producto químico, evite el contacto con piel y ojos. No lo ingiera. En caso de contacto con los ojos, piel y ropa, lavarse con mucha agua. Si se presenta irritación en los ojos, acudir inmediatamente a un médico.

BD-06-15-NYR

Rev.: 8

*"La aplicación o métodos de manejo, almacenamiento, uso y disposición del producto y/o sus envases están fuera de nuestro control, por lo tanto la empresa no asume y desconoce toda responsabilidad por pérdidas, daño u otra situación que esté relacionada con el manejo, uso o disposición del producto y sus envases.
La empresa no asume responsabilidad alguna por daños al comprador o a terceras personas causadas por uso anormal del material y/o sus envases, aun siguiendo procedimientos razonables de seguridad.
Los datos suministrados fueron obtenidos de fuentes confiables, sin embargo, no se expresa ni se implica garantía alguna con respecto a la exactitud de estos datos o los resultados que se obtengan por el uso del material."*

LIPESA RIF: J-08010339-4



LIPESA 1547 M

POLÍMERO ANIÓNICO

- Ideal para la deshidratación mecánica de lodos inorgánicos o minerales
- Aplicable a una gran variedad de aguas y efluentes industriales
- Trabaja en un rango amplio de pH: 1,0 - 12,0
- Fácilmente soluble en agua
- Excelente relación costo-rendimiento: Trabaja a dosis muy bajas

Usos principales

LIPESA 1547 M ha sido especialmente formulado para ser utilizado en la deshidratación mecánica de lodos, provenientes de procesos de clarificación y espesamiento de efluentes industriales, especialmente los minerales. LIPESA 1547 M tiene también aplicación en la clarificación y espesamiento de aguas industriales y muchos otros procesos como el papelero y azucarero. LIPESA 1547 M cumple con los requisitos del FDA de los EE.UU. bajo las Regulaciones Federales 21 CFR 173.5 y 173.10.

Descripción General

LIPESA 1547 M es un polímero moderadamente aniónico de "muy alto peso molecular", con las siguientes características:

Forma:	Sólido
Color:	Blanco a crema
Olor:	Inodoro
% Sólidos:	87,00 – 100,00
Solubilidad:	0,5 % en agua
Viscosidad UL:	5,60 – 6,30 cps

Dosis

La dosis de LIPESA 1547 M varía de acuerdo al tipo de proceso y efluente tratado. Las dosis típicas son:

- Deshidratación mecánica: 10 – 150 g/m³
- Espesamiento y clarificación: 0,05 – 30 g/m³

En todo caso, el Representante Técnico LIPESA le asesorará en el establecimiento de la dosis adecuada a su situación particular.

Modo de Empleo y Alimentación

LIPESA 1547 M se debe alimentar de manera continua al proceso, en un punto de buena agitación y mezcla, utilizando bombas de dosificación de acero dulce o cualquier otro material. Para obtener el mejor rendimiento del producto, se debe preparar en soluciones hasta un 0,5% de concentración y alimentar luego al 0,1% de concentración como máximo.

El tiempo de preparación de las soluciones de LIPESA 1547 M es de 40 minutos. Se recomienda realizarlo de la siguiente manera:

- Agregarlo lentamente al agua mientras se agita. Esto evita la formación de grumos o apelmazamiento
- Agitar suavemente durante 10 – 15 minutos
- Dejar en reposo durante 5 – 10 minutos
- Y finalmente, agitar por 15 – 20 minutos

Despacho y Almacenamiento

LIPESA 1547 M se despacha en sacos de 25 kg. netos y 750 Kg. Se recomienda almacenarlo en un lugar seco y fresco. Mantener los envases cerrados para evitar la hidratación. Tiempo de vida útil: 24 meses a partir de la fecha de fabricación

Manejo y Seguridad

LIPESA 1547 M no presenta riesgos en su manejo. Como todo producto químico, evite el contacto con piel y ojos. No lo ingiera. En caso de contacto con los ojos, piel y ropa, lavarse con mucha agua. Si se presenta irritación en los ojos, acudir inmediatamente a un médico.

BD-05-15

Rev.: 4

*"La aplicación o métodos de manejo, almacenamiento, uso y disposición del producto y/o sus envases están fuera de nuestro control, por lo tanto la empresa no asume y desconoce toda responsabilidad por pérdida, daño u otra situación que esté relacionada con el manejo, uso o disposición del producto y sus envases.
La empresa no asume responsabilidad alguna por daños al comprador o a terceras personas causadas por uso anormal del material y/o sus envases, aun siguiendo procedimientos razonables de seguridad.
Los datos suministrados fueron obtenidos de fuentes confiables, sin embargo, no se expresa ni se implica garantía alguna con respecto a la exactitud de estos datos o los resultados que se obtengan por el uso del material."*

LIPESA RIF: J-08010339-4



LIPESA 1550 A

POLIMERO NO IÓNICO

- Ideal para la deshidratación mecánica de lodos inorgánicos o minerales
- Aplicable a una gran variedad de aguas y efluentes industriales
- Trabaja en un rango amplio de pH
- fácilmente emulsionable en agua
- Excelente relación costo-rendimiento: Trabaja a dosis muy bajas

Usos principales

LIPESA 1550 A ha sido especialmente formulado para ser utilizado en la deshidratación mecánica de lodos, provenientes de procesos de clarificación de agua potable e industrial y en el espesamiento de efluentes industriales, especialmente los minerales, **LIPESA 1550 A** tiene también aplicación es espesamiento de lodos en procesos como el papelerero, azucarero, lodos de perforación, etc.

Descripción General

LIPESA 1550 A es un polímero de "muy alto peso molecular", no iónico, con las siguientes características:

Forma:	Sólido
Color:	Blanco
Olor:	Inodoro
pH a 25°C:	5,00 – 8,00 al 0,5 %
pH a 25°C:	5,00 – 7,00 al 0,1 %
Solubilidad:	0,5% máx. en agua
Viscosidad Brookfield (Cp):	Máximo 20 al 0,1%

Dosis

Las dosis de **LIPESA 1550 A** varía de acuerdo al tipo de proceso y efluente tratado. Las dosis típicas son:

- Deshidratación mecánica: 10-800 g/m³
- Espesamiento y clarificación: 0.1 – 300 g/m³

En cualquier caso, el Representante Técnico LIPESA le asesorará en el establecimiento de la dosis óptima a su situación particular.

Modo de empleo y alimentación

LIPESA 1550 A se debe alimentar de manera continua al proceso, en un punto de buena agitación y mezcla, utilizando bombas de dosificación de acero dulce o cualquier otro material. Para obtener el mejor rendimiento del producto, se debe preparar en soluciones hasta un 0.5% de concentración y alimentar luego al 0.1% de concentración como máximo. El tiempo de preparación de las soluciones de **LIPESA 1550A** es de aproximadamente 40 minutos. Se recomienda realizarlo de la siguiente manera:

- Agregarlo lentamente al agua mientras se agita. Esto evita la formación de grumos o apelmazamiento.
- Agitar suavemente durante 10 – 20 minutos
- Dejar en reposo durante 5 -10 minutos.
- Y finalmente, agitar por 10 – 25 minutos

El punto de inyección, en el caso de tratamiento de estaciones, deberá hacerse en un punto de buena mezcla y en todo caso dependerá de sistema de tratamiento usado. El Representante Técnico LIPESA le asesorará en el establecimiento del sitio adecuado para la inyección del producto, bien sea en estaciones de tratamiento o en aplicaciones especiales.

Despacho y almacenamiento

LIPESA 1550 A se despacha en bolsas de 25 Kg y 750Kg. Se recomienda almacenarlo en un lugar seco y fresco. Mantener los envases cerrados para evitar la hidratación. No almacenar por mas de seis meses en planta.

Manejo y Seguridad

El producto **LIPESA 1550 A** no presenta riesgos en su manejo. Como todo producto químico, evite el contacto con piel y ojos. No lo ingiera. En caso de contacto con los ojos, piel y ropa, lavarse con mucho agua. Si se presenta irritación en los ojos, acudir inmediatamente a un médico.

BD-03-15-NYR**Rev.: 1**

"La aplicación o métodos de manejo, almacenamiento, uso y disposición del producto y/o sus envases están fuera de nuestro control, por lo tanto la empresa no asume y desconoce toda responsabilidad por pérdida, daño u otra situación que esté relacionada con el manejo, uso o disposición del producto y sus envases. La empresa no asume responsabilidad alguna por daños al comprador o a terceras personas causadas por uso anormal del material y/o sus envases, aun siguiendo procedimientos razonables de seguridad. Los datos suministrados fueron obtenidos de fuentes confiables, sin embargo, no se expresa ni se implica garantía alguna con respecto a la exactitud de estos datos o los resultados que se obtengan por el uso del material."

LIPESA RIF: J-08010339-4

ANEXO G.

**HOJAS DE SEGURIDAD DE LOS REACTIVOS COAGULANTES, HIDROXIDO
DE SODIO Y PERÓXIDO DE HIDROGENO USADOS EN EL DESARROLLO
EXPERIMENTAL**

PERÓXIDO DE HIDRÓGENO EN SOLUCIÓN >60%

ICSC: 0164

Abril 2000

CAS:	7723-84-1	Hidróperóxido	 
RTECS:	Ver Notas	Dióxido de hidrógeno	
NU:	2015	Dióxido de hidrógeno	
CE Índice Anexo I:	008-003-00-9	Agua oxigenada	
CE/EINECS:	231-785-0	H ₂ O ₂ Masa molecular: 34.0	

TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. La sustancia puede prender materiales combustibles. Muchas reacciones pueden producir incendio o explosión.	NO poner en contacto con agentes combustibles o reductores. NO poner en contacto con superficies calientes.	En caso de incendio en el entorno: agua en grandes cantidades, pulverización con agua.
EXPLOSIÓN	Riesgo de incendio y explosión en contacto con calor o catalizadores metálicos.		En caso de incendio: mantener fijos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICIÓN		¡EVITAR LA FORMACIÓN DE NEBLA DEL PRODUCTO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!
Inhalación	Dolor de garganta. Tos. Vértigo. Dolor de cabeza. Náuseas. Jaqueo.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semincorporado. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Corrosivo. Marchas blancas. Enrojecimiento. Quemaduras cutáneas. Dolor.	Guantes de protección. Traje de protección.	Adarar con agua abundante, después quitar la ropa contaminada y adarar de nuevo. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Corrosivo. Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa. Quemaduras profundas graves.	Gafas ajustadas de seguridad o pantalla facial.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor de garganta. Dolor abdominal. Distensión abdominal. Náuseas. Vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
Ventilar. Eliminar el líquido derramado con agua abundante. NO absorber en sarín u otros absorbentes combustibles. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración).	Material especial. Clasificación UE Símbolo: O, C R: 5-8-2022-35 S: (12-)17-26-28-36/37/39-45 Nota: B Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 5.1 Riesgos Subsidiarios de las NU: 8 Grupo de Envasado NU: I
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-5152015 Código NFPA: H 2; F 0; R 3; OX	Separado de sustancias combustibles y reductoras, alimentos y piensos, bases fuertes, metales. Mantener en lugar fresco. Mantener en la oscuridad. Almacenar en contenedor con un sistema de venteo. Almacenar solamente si está estabilizado.

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea ©CE, IPCS, 2005









PERÓXIDO DE HIDRÓGENO EN SOLUCIÓN >60%**ICSC: 0164****DATOS IMPORTANTES****ESTADO FÍSICO; ASPECTO**

Líquido incoloro.

PELIGROS QUÍMICOS

La sustancia se descompone al calentarse suavemente o bajo la influencia de la luz, produciendo oxígeno, que aumenta el peligro de incendio. La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores causando peligro de incendio o explosión particularmente en presencia de metales. Ataca a muchas sustancias orgánicas, ej. textiles y papel.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN

TLV: 1 ppm (caso TWA), A3 (ACGIH 2004).
 MAK: 0.5 ppm, 7.1 mg/m³, Categoría de limitación de picos: I(1).
 Carcinógeno: categoría 4, Riesgo para el embarazo: grupo C (DFG 2005).

VÍAS DE EXPOSICIÓN

La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión.

RIESGO DE INHALACIÓN

Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN

La sustancia es corrosiva para los ojos y la piel. El vapor irrita el tracto respiratorio. La ingestión de esta sustancia puede producir burbujas de oxígeno (embolia) en la sangre, dando lugar a shock.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA

Los pulmones pueden resultar afectados por la inhalación de concentraciones altas. La sustancia puede afectar al cabello, dando lugar a decoloración.

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición: 141°C (90%), 125°C (70%)
 Punto de fusión: -11°C (90%), -39°C (70%)
 Densidad relativa (agua = 1): 1.4 (90%), 1.3 (70%)
 Solubilidad en agua: miscible
 Presión de vapor, kPa a 20°C: 0.2 (90%), 0.1 (70%)
 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1

Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.0
 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -1.36

DATOS AMBIENTALES

La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.

NOTAS

Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio). RTECS MX900000 se refiere a solución >90%; MX0887000 se refiere a solución >30%. Otros números NU: 2014 (disolución acuosa al 20-60% de peróxido de hidrógeno): clase de peligro 5.1, riesgo subsidiario 8, grupo de envasado II; 2984 (disolución acuosa al 8-20% de peróxido de hidrógeno): clase de peligro 5.1, grupo de envasado III. Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2005: ver Límites de exposición, Clasificación UE, Respuesta de Emergencia.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

VLA-ED: 1 ppm; 1,4 mg/m³

NOTA LEGAL

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

©IPCS, CE 2005



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

SULFATO DE ALUMINIO EN SOLUCIÓN PANTERA

TIPO A y TIPO BVersión: 001-2015

1. DESCRIPCIÓN**Nombre comercial:** SULFATO DE ALUMINIO EN SOLUCIÓN TIPO A Y TIPO B**Dirección/ Teléfono de la empresa:** Aris Industrial S.A.

Av. Industrial 491- Lima 1 – PERU

Teléfono: 336-5428 Anexo 5519

e-mail: requisitos@aris.com.pe**2. COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE SUS INGREDIENTES** $Al_2(SO_4)_3$ Contiene 8% de Aluminio, expresado como Al_2O_3 (valor típico).

N° CAS: 17927-85-0

3. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.

Clasificación de los riesgos de la sustancia química: 8

Grupo de embalaje o envasado ONU: I

a. Riesgos para la salud humana:

Inhalación: La inhalación de vapores puede causar irritación al tracto respiratorio y pulmones.

Ojos: Puede irritar hasta Causar quemaduras.

Piel: Puede causar quemaduras.

Ingestión: Las cantidades ingeridas accidentalmente por el manejo no causan daño. Cantidades mayores pueden causar dolor abdominal, náusea, vómitos; puede causar quemaduras en la boca, sangrado en el estómago, descoordinación, espasmos musculares y daños renales.

b. Riesgos para el medio ambiente: Es un producto no peligroso.

c. Riesgos especiales de la sustancia: Corrosivo

d. Carcinogénico: No está clasificado como carcinógeno.

4. PRIMEROS AUXILIOS.

En caso de contacto accidental con el producto, proceder de acuerdo con:

Inhalación: No requiere.**Contacto con los Ojos:** Sostenga el ojo abierto y enjuague suavemente con abundante agua durante 15-20 minutos. Sacarse los lentes de contacto, si están presentes, después de los primeros 5 minutos; y luego continuar enjuagando, si la irritación persiste, solicitar asistencia médica.**Contacto con la piel:** Lavar inmediatamente con abundante agua corriente y jabón durante 15-20 minutos. Si la irritación persiste, solicite asistencia médica.**Ingestión:** No inducir al vómito y pedir asistencia médica.

En caso de EMERGENCIA:

OICOTOX 0800-1-30-40

Esalud 117 (Las 24 horas del día)

Aris Industrial S. A. 01-336-5428 Anexo 2549

Notas para quien preste los primeros auxilios: Utilizar ropa protectora.**Notas para el médico tratante:** Inducir el vómito**5. EXTINCIÓN DE INCENDIOS****Medios de extinción adecuados:** Espuma química, agua, dióxido de carbono o polvo seco ABC.**Riesgos especiales:** Los bomberos deben colocarse el traje completo de protección.**Información adicional:** Por sí solo no genera riesgos de fuego y explosión. Somatido al fuego, puede generar gases irritantes y tóxicos, incluidos óxidos de azufre y óxidos de aluminio.**Procedimientos especiales para combatir el fuego:** Asperjar con agua para enfriar envases, los recipientes oarmados al ser calentados pueden reventar por incremento de presión interna.**Equipo de protección personal para el combate del fuego:** El personal debe ingresar utilizando ropa adecuada para combatir incendios de productos químicos corrosivos, y equipo de respiración autónoma, botas de seguridad.**Productos peligrosos que se liberan de la combustión:** Óxido de azufre.**6. DERRAMES ACCIDENTALES****Medidas de emergencia a tomar si hay derrames del material:** Aislar la zona, 25metros alrededor. Recoger el material derramado usando un material absorbente como tierra, arena o aserrín; neutralizar el suelo con bicarbonato de sodio o una solución de soda cáustica, cal. Recoger y depositar en un envase para su posterior eliminación.**Equipo de Protección Personal para atacar la emergencia:** Usar equipo de protección personal adecuado que cubra el cuerpo, así como también guantes, anteojos.**Precauciones a seguir para evitar daños al ambiente:** Evitar que el producto y la solución de lavado ingresen a cursos de agua, alcantarillas y/o desagües.**ARIS INDUSTRIAL S.A.**Av. Industrial 491 – Lima. Teléfono: (511) 336-5428 Fax: (511) 336-7473 www.aris.com.pe



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

SULFATO DE ALUMINIO EN SOLUCIÓN PANTERA

TIPO A y TIPO B

Versión: 001-2015

Métodos de Eliminación de Desechos: Barrer y recoger en recipientes claramente identificados, firmemente trasladar a un botadero autorizado para este tipo de sustancias, de acuerdo a lo dispuesto por la autoridad competente.

7. MANIPULACION Y ALMACENAJE

Precauciones a Tomar: Manipulación con implementos de seguridad, guantes de goma puño largo, lentes, ropa para productos químicos.

Recomendaciones específicas sobre manipulación segura: Manipular en un local de trabajo bien ventilado. Durante la manipulación no beber, comer ni fumar. Evitar el contacto con los ojos. El personal involucrado con su manipulación debe tener todos los elementos de protección recomendados.

Condiciones de Almacenamiento: Almacene en un lugar fresco y seco y bien ventilado; los envases deben ser resistente al ácido, estar cerrados; para preservar el producto del medio ambiente.

8. CONTROL DE LA EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

Medidas para reducir la posibilidad de exposición: Utilizar los elementos de protección recomendados.

Parámetros de Control: No Aplicables.

Límites Permisibles ponderados (LPP) y Absoluto (LPA): No establecidos.

Protección respiratoria: Se recomienda el uso de un respirador adecuado para vapores inorgánicos, niebla y gases.

Guantes de protección: De Neopreno o PVC.

Protección de la vista: Gafas de seguridad o protector facial.

Otros equipos de Protección: Usar overol de algodón, delantal de PVC, botas de goma.

Ventilación: Use sólo en áreas bien ventiladas.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado físico: Líquido

Color: Incoloro (tipo A) y beige (tipo B)

Olor: Olor característico.

Valor pH: 2.3 Máximo.

Densidad, g/ml (20 °C): 1.29 – 1.30 mínimo (dependiendo del tipo).

Solubilidad en agua: 100% soluble

Aluminio, Al₂O₃, %: 7.8, 7.9 mínimo (dependiendo del tipo).

Basicidad, Al₂O₃, %: 0.20 Máximo.

Hierro, Fe₂O₃, %: 0.30, 0.35 Máximo (dependiendo del tipo)

Insolubles, %: 0.20 Máximo.

Temperatura de Ebullición: 101 -109°C. (Dependiendo de la concentración.)

Temperatura de Fusión: No aplicable.

Temperatura de Inflamación: No aplicable

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD QUÍMICA

Estabilidad: Estable en las condiciones normales de almacenamiento; lugar fresco y seco. En periodos largos de almacenaje se recomienda agitar antes del empleo.

Condiciones que deben evitarse: Se debe evitar almacenar con álcalis o agentes oxidantes fuertes.

Materiales incompatibles: Agentes fuertemente oxidantes. Reacciona con álcalis y ataca a muchos metales en presencia de agua.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad oral Aguda: DL₅₀ (ratón): 6207mg/Kg

Toxicidad crónica: EPA determina que no son necesarios este tipo de estudios.

Efecto crónico/ Agudo: El contacto frecuente y prolongado puede causar dermatitis.

Toxicidad para la reproducción: No disponible.

Efectos mutagénicos: No disponible.

Efectos carcinogénicos: No disponible.

12. INFORMACION RELACIONADA AL MEDIO AMBIENTE

Toxicidad a los peces: TLM (48 horas, pez mosquitó) 240mg/L.

Biodegradabilidad: No disponible

Consideraciones generales: En exceso puede ser dañino para la vida acuática. Su toxicidad está asociada con el pH ácido. Cuando el suelo se contamina con este material se acidifica.

13. CONSIDERACIONES PARA SU DISPOSICION

Cumplir con todas las reglamentaciones estatales y locales. Desechar en forma segura de acuerdo a la normativa nacional.

Para obtener información sobre la eliminación de los no utilizados, producto no deseado, póngase en contacto con el fabricante o el organismo regulador provincial y también para la limpieza de vertidos.

ARIS INDUSTRIAL S.A.

Av. Industrial 491 – Lima, Teléfono: (511) 336-5428 Fax: (511) 336-7473 www.aris.com.pe



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

SULFATO DE ALUMINIO EN SOLUCIÓN PANTERA

TIPO A y TIPO BVersión: 001-2015

14. INFORMACIÓN PARA EL TRANSPORTE

Se requieren los códigos y clasificaciones de acuerdo con las regulaciones y normas nacionales, para el transporte de sustancias peligrosas.

Caso: 8
N° CAS: 17927-85-0
N° ONU: 1760
Grupo de embalaje: III
Clasificación NFPA:
Salud: 1
Inflamabilidad: 0
Reactividad: 0

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Normas internacionales aplicables: IATA, IMDG
Normas nacionales aplicables: DS 298/94 – 198/0
Marcas en etiquetas: Corrosivo.

16. INFORMACIÓN ADICIONAL

Los datos consignados en esta hoja informativa fueron obtenidos de fuente confiable, como las Normas Internacionales para productos químicos usados en el tratamiento de aguas ANSI/WWA B403-93 ESTANDAR FOR ALUMINUM SULFATE-LIQUID, GROUND OR LUMP, para el tratamiento de aguas sin embargo, se entregan sin garantía expresa o implícita respecto a su exactitud o corrección. Las opiniones expresadas en este formulario son de profesionales capacitados. La información que se entrega en él, es la conocida actualmente sobre la materia. Considerando que el uso de esta información y de sus productos está fuera del control del proveedor, la empresa no asume responsabilidad alguna por este concepto. Es obligación del usuario trabajar en condiciones de uso seguro del producto, en base a la presente información.

ARIS INDUSTRIAL S.A.Av. Industrial 1491 – Lima. Teléfono: (511) 336-5428 Fax: (511) 336-7473 www.aris.com.pe



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO AL 50%

Versión: 001-2014

1. DESCRIPCIÓN

Nombre comercial: Solución de NaOH al 50%
Dirección/ Teléfono de la empresa: Aris Industrial S.A.
Av. Industrial 491 - Lima 1 - PERU
Teléfono: 336-5428 Anexo 5519
e-mail: yquimicos@aris.com.pe

2. COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE SUS INGREDIENTES

Nombre químico: Solución de soda cáustica al 50%
Fórmula química: NaOH
CAS N°: 1310-73-02

3. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.

El hidróxido de sodio es muy corrosivo por inhalación de neblinas, ingestión o contacto directo con ojos o piel. El daño es inmediato y sin atención médica rápida, puede ser permanente. Esta fuerte solución alcalina y corrosiva disuelve cualquier tejido vivo.

Clasificación de los riesgos de la sustancia química: 8

Grupo de embalaje o envasado ONU II

a. Riesgos para la salud humana:

Ojos: La córnea sufre lesión de forma inmediata y puede provocar la adhesión del párpado al globo ocular.

Piel: Por contacto causa quemaduras en piel, destrucción de queratina de la piel y cabello. Puede producir quemaduras severas, corrosión de los tejidos y cicatrices de forma permanente si no se lava de forma inmediata.

Inhalación: La inhalación de neblinas puede causar quemaduras, pérdida de cabello debido a que la solución quema la queratina cuando pasa a través de la nariz.

Ingestión: La ingestión causa quemadura inmediata de boca, estómago y intestino, salivación excesiva, edema en labios, lengua, esófago que dificultan la deglución por horas.

c. Riesgos especiales de la sustancia: No disponible.

d. Carcinógeno: No disponible.

4. PRIMEROS AUXILIOS.

En caso de contacto accidental con el producto, proceder de acuerdo con:

Contacto con los Ojos: Lave los ojos inmediatamente con agua durante 30 minutos. Mantenga los párpados abiertos durante el enjuague. Si persiste la irritación, repita el lavado. Remita al médico inmediatamente, continúe el enjuague durante el transporte.

Contacto con la piel: Lave de inmediato con abundante agua, bajo la ducha remueva la ropa contaminada y zapatos, se debe continuar con el lavado durante 30 minutos. Consiga atención médica lo más pronto posible. Durante el transporte aplique compresas de agua helada o si es posible sumerja en agua helada la parte afectada.

Inhalación: Llevar a la persona afectada a una área ventilada y fresca. Si presenta dificultades respiratorias administrar oxígeno durante media hora. Si la víctima no respira de respiración artificial con la ayuda de algún instrumento médico, no utilice el método de boca a boca. Consultar al médico lo más pronto posible.

Ingestión: NO INDUZCA EL VÓMITO. Si la persona está consciente suminístrele tanta agua como se pueda para diluir el producto. Si hay vómito espontáneo, haga que la víctima se incline hacia delante con la cabeza hacia abajo, enjuague la boca. Consiga atención médica lo más pronto posible.

En caso de EMERGENCIA:

CICOTOX 0800-1-3040

Alo Salud 0801-10-200 (Las 24 horas del día)

Aris Industrial S. A. 01-336-5428

Notas para el médico:

Producto corrosivo, puede causar consticción y destrucción de tejidos. Si se realiza lavado, se sugiere control endoscópico y/o esofagoscopia. El material es un álcal fuerte.

5. EXTINCIÓN DE INCENDIOS

Medios de extinción adecuados: Espuma, CO2 o polvo químico seco.

Riesgos especiales: Aunque no es combustible, el contacto de la solución de hidróxido de sodio al 50% con humedad o agua, puede causar calor suficiente como para prender fuego a algún combustible cercano. Si es posible, retirar los contenedores fuera del área.

Procedimientos especiales para combatir el fuego: Debido a que el fuego puede generar productos de descomposición térmica tóxicos se recomienda usar máscara facial completa, con equipo de respiración autónoma.

Equipo de protección personal para el combate del fuego: El personal debe ingresar utilizando ropa adecuada para combatir incendios de productos químicos, equipo de respiración autónoma y botas de seguridad.

ARIS INDUSTRIAL S.A.

Av. Industrial 491 - Lima. Teléfono: (511) 336-5428 Fax: (511) 336-7473 www.aris.com.pe



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO AL 50%

Versión: 001-2014

6. DERRAMES ACCIDENTALES

Usar equipo de protección personal adecuado. Cubra el derrame con material inerte (por ejemplo, arena seca o tierra) y recoja para su eliminación adecuada. No permita que el material derramado o el agua de lavado ingresen en el alcantarillado, aguas superficiales o sistemas de aguas subterráneas.

Descontaminante/Neutralizador: Solución diluida de ácido acético. Lave el área del derrame con agua. Recoja el agua utilizada para su eliminación.

7. MANIPULACION Y ALMACENAJE

Precauciones a Tomar: Mantener el equipo de emergencia siempre disponible. Asegúrese que todos los contenedores se encuentren bien cerrados y sin golpes. El personal debe estar bien entrenado en el manejo seguro del producto. Para diluirlo siempre agregue lentamente la soda al agua. Los recipientes deben estar debidamente etiquetados y alejados de fuentes de calor. Evitar el contacto con los ojos o la piel.

Recomendaciones específicas sobre manipulación segura: Durante la manipulación no beber, comer ni fumar. Evitar el contacto con los ojos. El personal involucrado con su manipulación debe tener todos los elementos de protección recomendados. El área de almacenamiento debe estar adecuadamente ventilada. Los recipientes deben permanecer bien cerrados cuando no estén en uso. En esta área se debe contar con ducha y lavaojos.

Condiciones de Almacenamiento: Manténgalo alejado de líquidos inflamables, ácidos fuertes y halógenos orgánicos. El área de almacenamiento y el sistema de iluminación deben construirse de materiales resistentes a la corrosión.

8. CONTROL DE LA EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

Medidas para reducir la posibilidad de exposición: De exposiciones prolongadas o en el caso de derrame utilice traje de cuerpo completo como un traje de PVC.

Parámetros de Control: No Aplicable.

Límites Permisibles ponderados (LPP) y Absoluto (LPA): No establecidos.

Protección respiratoria: Podrá utilizarse una máscara aprobada por el NIOSH con filtro N95 (humo o niebla) en circunstancias en las que se espere que las concentraciones en el aire superen los límites de exposición, o cuando se haya observado que los síntomas sean indicio de sobreexposición.

Para la protección del aparato respiratorio, un respirador para polvo y niebla para la mitad de la cara puede ser usado si la concentración es hasta 10 veces el límite de exposición. En casos en que la concentración sea más alta (hasta 50 veces el límite) se debe usar un respirador para polvo y niebla para toda la cara.

Gautes de protección: Use guantes de protección hechos de materiales como el neopreno o nitrilo.

Protección de la vista: Por salpicaduras, niebla o rocío de exposición se debe utilizar gafas de protección química o una careta.

Otros equipos de Protección: mascarilla para polvos, ropa antiestática de fibra natural o de fibra sintética resistente a alta temperatura.

Ventilación: Use sólo en áreas bien ventiladas.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado físico: Líquido

Color: Claro a opaco

Olor: No presenta

pH: 14

Punto de fusión: 12 °C (53.6 °F)

Punto de ebullición: 140 °C (284 °F)

Presión de vapor: 13 mmHg a 15.56 °C (60.01 °F)

Densidad: 1.54 g/cm³ a 15 °C (59 °F)

1.52 g/cm³ a 20 °C (68 °F)

1.505 g/cm³ a 50 °C (122 °F)

Gravedad específica, g/mL: 1.53 a 15.56 °C (60.01 °F)

Solubilidad en agua: Soluble

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD QUÍMICA

Estabilidad: Estable a temperatura y presión normal. Absorbe agua y dióxido de carbono del aire. Se deben mantener los recipientes cerrados y sellados.

Condiciones que deben evitarse: Evitar la exposición a la humedad. La descomposición térmica oxidativa del hidróxido de sodio puede generar óxido de sodio (Na₂O) tóxico y humos de peróxido de sodio (Na₂O₂).

Materiales incompatibles: Libera calor cuando se mezcla con agua. No agregue agua al producto. Se puede generar hidrógeno inflamable por el contacto con metales como Aluminio, bronce, estaño y zinc. Evitar el contacto con ácidos, compuestos orgánicos halogenados o nitrados y glicoles. Reacciona rápidamente con azúcares reductores (fructosa, galactosa, maltosa) produciendo monóxido de carbono, se debe monitorear en los tanques el contenido de monóxido para cuidar la seguridad de las personas.

ARIS INDUSTRIAL S.A.

Av. Industrial 1491 – Lima. Teléfono: (011) 336-5428 Fax: (011) 336-7473 www.aris.com.pe



HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

SOLUCIÓN DE HIDRÓXIDO DE SODIO AL 50%

Versión: 001-2014

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Toxicidad oral Aguda: DL₅₀ (intraperitoneal, ratón): 40mg/Kg
DL₅₀ (oral, rata): 220mg/Kg
Toxicidad dérmica: DL₅₀ (conejos): 1350mg/kg
Toxicidad para la reproducción: No presenta.
Efectos a corto plazo: No disponible.
Efectos mutagénicos: No disponible.
Efectos carcinogénicos: No disponible.

12. INFORMACIÓN RELACIONADA AL MEDIO AMBIENTE

Toxicidad a los peces: LC50 (48 h) para el camarón: 33 – 100ppm, LC50 (Daphnia): 100ppm.
Efectos Ambientales: Toxicidad moderada.
Biodegradabilidad: No está sujeto a biodegradación.
Consideraciones generales: En exceso puede ser dañino para la vida acuática.

13. CONSIDERACIONES PARA SU DISPOSICIÓN

Sus residuos son considerados como peligrosos, no lo maneje como un desecho normal. No lo disponga en los drenajes, la tierra o fuentes de agua. Neutralizar con ácido muy diluido, preferiblemente ácido acético. Siga las regulaciones locales para su disposición.

14. INFORMACIÓN PARA EL TRANSPORTE

Las informaciones relativas al transporte serán de acuerdo a la reglamentación nacional o internacional vigente.
Nombre para transporte: Solución de hidróxido de sodio (Soda cáustica líquida, 50%)
Clase: 8
Número de UN: 1824
Rótulo: Corrosivo
Grupo de envase: II
NFPA:
Salud: 3
Inflamabilidad: 0
Reactividad: 1

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

SARA 313
La Sección 313 del Título III de la Ley de Enmienda y Reautorización del Superfondo de 1986 (SARA, por sus siglas en inglés). Este producto no contiene ninguna sustancia química que esté sujeta a los requisitos de informes de la Ley y del Título 40 del Código de Reglamentos Federales, Parte 372.

- Categorización de peligros de la ley SARA 311/312:
Peligro crónico para la salud: No.
Peligro agudo para la salud: Si.
Peligro de incendio: No.
Peligro de liberación súbita de presión: No.
Peligro reactivo: No.

Marcas en etiquetas: Corrosivo

16. INFORMACIÓN ADICIONAL

Los datos consignados en esta hoja informativa fueron obtenidos de fuentes confiables. Sin embargo, se entregan sin garantía expresa o implícita respecto de su exactitud o corrección. Las opiniones expresadas en este formulario son las de profesionales capacitados. La información que se entrega en él es la conocida actualmente sobre la materia.

Considerando que el uso de esta información y de los productos está fuera del control del proveedor, la empresa no asume responsabilidad alguna por este concepto. Determinar las condiciones de uso seguro del producto es obligación del usuario.

ARIS INDUSTRIAL S.A.

Av. Industrial 491 – Lima. Teléfono: (511) 336-5428 Fax: (511) 336-7473 www.aris.com.pe



QUIMICA INTEGRADA S.A.
NIT. 800.078.640-1

PLANTA: km. 34 Vía Neiva - Bogotá • Alpe, Huila
CORRESPONDENCIA: Calle 8 No. 10 - 89 Neiva, Huila.
TELÉFAX: 8389038, 8389327, 8389925, 8389224, 8389914
www.quinsa.com.co | e-mail: quinsa01@netmail.com

POLICLORURO DE ALUMINIO GRANULAR

Este producto es un coagulante inorgánico macromolecular, ideal para tratar aguas severamente polubles tales como aguas de temperatura baja y de baja turbiedad, baja temperatura y alta turbiedad, con alto contenido de hierro y metales pesados.

FORMULA: $[Al_2(OH)_4Cl_2]_n$

ESPECIFICACIONES:

Aspecto	Grano color marrón
Densidad relativa	0.75 g/cm ³
Alúmina (Al ₂ O ₃)	Mínimo 30%
Hierro (Fe ₂ O ₃)	1%
Basicidad	55-90%
pH	3.5-5.0

PRESENTACIÓN: Granulado, en bultos de 25 Kg

APLICACIONES: Específicamente es usado como coagulante para clarificar aguas de consumo humano y tratar aguas residuales. Puede utilizarse como floculante en aguas de piscinas. Especial para aguas con alto contenido de Hierro y metales pesados.

ALMACENAMIENTO: Almacene en un lugar seco lejos de fuentes directas de calor. Prevenga el sobrecalentamiento. Asegúrese que los sacos estén sellados para prevenir absorción de humedad.

PRECAUCIONES PARA EL USO Y SEGURIDAD: Se requiere de gafas protectoras, guantes de Neopreno o plásticos. No es un producto tóxico, pero puede producir leve resequedad e irritación en la piel y ojos por tratarse de un producto de carácter ácido.

* SOLUCIONES INNOVADORAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS*

Fichas Internacionales de Seguridad Química

CLORURO FÉRRICO (ANHIDRO)		ICSC: 1499
		Abril 2004
Cloruro de hierro Tricloruro de hierro Cloruro de hierro (III)		
CAS:	7705-08-0	FeCl₃
RTECS:	LJ9100000	Masa molecular: 162,2
NU:	1773	
CE / EINECS:	231-729-4	

TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.		En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado.
EXPLOSIÓN			

EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
Inhalación	Tos. Dolor de garganta.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Enrojecimiento. Dolor.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa.	Gafas ajustadas de seguridad	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor abdominal. Vómitos. Diarrea. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. Dar a beber agua abundante. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente de plástico; si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Protección personal adicional: respirador de filtro P2 para partículas nocivas.	Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: III

RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-80S1773.	Separado de bases fuertes y materiales incompatibles. Ver Peligros Químicos. Mantener en lugar seco. Bien cerrado.

IPCS
International
Programme on
Chemical Safety



Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2004

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO:

Cristales higroscópicos negros a marrones.

PELIGROS QUÍMICOS:

La sustancia se descompone al calentarse intensamente, a más de 200 °C produciendo gases tóxicos y corrosivos, incluyendo cloro y cloruro de hidrógeno.

La sustancia se descompone en contacto con agua produciendo cloruro de hidrógeno. La disolución en agua es moderadamente ácida. Reacciona violentamente con metales alcalinos, cloruro de alio, óxido de etileno, estireno y bases, originando peligro de explosión. Ataca al metal, formando gas combustible (hidrógeno-ver FISQ.0001).

LÍMITES DE EXPOSICIÓN:

TLV: (sales de hierro solubles, como Fe) 1 mg/m³; (ACGIH 2004).

MAK no establecido.

VÍAS DE EXPOSICIÓN:

La sustancia se puede absorber por ingestión.

RIESGO DE INHALACIÓN:

La evaporación a 20 °C es despreciable; sin embargo, se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva de partículas en el aire cuando se dispersa.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:

La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión.

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de fusión: 37 °C (ver Notas)

Densidad: 2,9 g/cm³

Solubilidad en agua, g/100 ml a 20 °C: 92 reacciona

Presión de vapor, Pa a 20 °C: despreciable

DATOS AMBIENTALES

La sustancia es nociva para los organismos acuáticos.

NOTAS

UN 1773 corresponde a la forma anhidro; UN 2582 corresponde a la disolución. Se indica el punto de fusión aparente originado por pérdida del agua de cristalización. Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-80GC1-II+III, corresponde a la disolución. Nombres comunes: Flores maris y molisita.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2010):

VLA-ED: (sales de hierro solubles, como Fe) 1 mg/m³

Notas: Los términos "soluble" e "insoluble" se entienden con referencia al agua.

Nota legal

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

ANEXO H.

**DATOS TOMADOS EN LABORATORIO RESPECTO A LA EXPERIMENTACIÓN
PARA LA REALIZACIÓN DE GRÁFICAS DE NEUTRALIZACIÓN,
COAGULACIÓN Y OXIDACIÓN**

Datos curva de oxidación

Cantidad	pH	turbiedad	%
1	5.7	84.7	14.3049933
2	5.7	130.7	76.3832659
3	6	132	78.1376518
4	6.1	134	80.8367072
5	6.1	121.9	64.5074224
6	6.19	139	87.5843455
7	6.35	135	82.1862348
8	6.41	124	67.3414305

Datos curva de neutralización

Dosificación	pH
0	6.19
1	6.25
2	6.62
3	7.16
4	7.88
5	7.93
6	8.28
7	8.6
8	8.96

Datos para determinación de coagulante

Concentración	1%	3%	5%
Cantidad		pH	
1	8.96	8.96	8.96
2	8.58	7.65	7.7
3	7.86	6.87	6.73
4	7.486	6.479	6.23
5	7.35	6.28	5.68
6	7.12	6.12	5.4

Determinación floculante

Cantidad	pH	Turbiedad	%
5	6.28	14.42	83.5358706
6	6.12	9	87.854251

ANEXO I.
COTIZACIONES DE EQUIPOS Y REACTIVOS



Una empresa de la familia ChemTreat®

Bogotá., mayo 28 de 2019

Señores
ELSA NATALIA TORRES NOVA
Ciudad

Ref.: Cotización Polímero

De acuerdo con su solicitud me permito presentar cotización del siguiente producto químico:

REFERENCIA LIPESA	DESCRIPCION	PRESENTACION	COSTO PRESENTACIÓN (\$COP)
L-1547M	Polímero Aniónico	Saco x 25 Kg	\$650.000

CONDICIONES COMERCIALES

- A los anteriores valores se debe adicionar IVA Vigente
- Crédito : Contado
- Transferencia : Citibank, Cuenta Corriente No. 0079352012**
- Tiempo de entrega : Cinco días después de recibida la transferencia
- Sitio de Entrega : Bogotá
- Vigencia Cotización : 30 días**

CARRETERA CENTRAL Km 30 BOGOTA-TUNJA FRENTE A BAVARIA, TOCANCI PÁ - COLOMBIA
TEL: 8786600



Agua sistema y soluciones
integrales S.A.S

Fecha cotización 27 de mayo de 2019
Cotización COT. 0054-19
Cliente ELSA NATALIA TORRES NOVA

REF: EQUIPO

EQUIPO DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL EMPRESA DE LACTEOS.

OBJETIVO

Satisfacer las necesidades de agua para vertimiento requeridas en la empresa de lacteos; efectuando la construcción de las obras necesarias para la localización de la planta, la fabricación de la planta de tratamiento de agua residual doméstica y el suministro de todos sus componentes, realizar la instalación y puesta en marcha del sistema, valorando la calidad del agua tratada y capacitando al personal asignado para la operación y mantenimiento.

VENTAJAS

La planta de tratamiento de tipo semi-compacta es una unidad pre-ensamblada de fábrica reduciendo el área de instalación en sitio, disminuyendo costo en obras de transporte por peso y volumen, fácil de instalar y sencilla de operar.

OTRAS VENTAJAS:

- ✓ Cero costos de mantenimiento preventivo para el cuerpo de la planta, por estar construida en un material inerte como lo es el poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV) que no tiene problemas de corrosión.
- ✓ Bajo costo de construcción que evita el desplazamiento de Ingeniero Civil y maestro al sitio de instalación y sobre costo de materiales como hierro y cemento.
- ✓ Fácil de reubicar dentro de las instalaciones de los pozos por su bajo peso y sencillez de instalación.

Los principales contaminantes del agua residual son DBO5, DQO, solidos suspendidos totales, grasas, aceites y tenso activos, las cuales se presentan principalmente en material orgánico suspendido en el agua en estado coloidal. Las fuentes principales de contaminación orgánica son los desechos de cocinas, lavadoras y las aguas de baños e inodoros.

La reducción de las grasas es conseguida habitualmente por medio de trampas de grasas, las cuales funcionan suministrando tiempo suficiente para que las grasas más livianas que el

ASSI Agua sistema y soluciones integrales SAS

YESID ALVARADO MARTINEZ CEL: 317 837 96 41



Agua sistema y soluciones
integrales S.A.S

OFERTA COMERCIAL PROPUESTA 1

ITEM	PRODUCTO	CANT	U M	VALOR UNIDAD	VALOR TOTAL
1	TANQUE HOMOGENIZADOR FABRICACION CIRCULAR VERTICAL DE 8 M3, DIAMETRO 1.90 MTS, ALTURA 2.94 MTS, FABRICADO EN PRVF, TERMINADO INTERNO LISO, EXTERNO RUGOSO Y PINTURA COLOR ESEADO, CON TAPA ABOMBADA Y FONDO PLANO, DESFOGUE CUELLO DE GANZO DE 2", MANHOLE DE INSPECCION EN LA TAPA Y LATERAL, ESCALERA EXTERNA TIPO DE GATO CON BRIDA DE ENTRADA, SAUDA Y DESAGÜE MIRILLA TRANSLUCIDA AFORADA. MENSULAS PARA IZAJE Y LINEA DE VIDA, PARA CONTENER AGUA RESIDUAL.	1	UND	\$ 15.000.000,00	\$ 15.000.000,00
2	TRAMPA DE GRASAS DE CUATRO DIVISIONES FABRICADO EN POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO Capacidad: 0,89 m3 Altura: 0,66 m Ancho: 0,84 m Largo: 1,14 m	1	UND	\$ 4.500.000,00	\$ 4.500.000,00
4	TANQUE CLARIFICADOR Y SEDIMENTADOR SECUNDARIO CÓNICO FABRICADO EN POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO ϕ =1.90 M h, RECTA=2,94 M, h CÓNICA 0.65M. CAPACIDAD 8,9 M3 PARA CONTENER AGUA TRATADA. INCLUYE TAPA SUPERIOR Y MANHOLL CON SU RESPECTIVA TORNILLERIA Y PATAS SOPORTE EN CANAL U DE 3" CON ANTICORROSIVO Y PINTURA EPOXICA. PESO DE CADA TANQUE: 240 KLS	1	UND	\$ 15.000.000,00	\$ 15.000.000,00
5	SISTEMA DE BOMBEO DE DOS BOMBAS DE 1,5 HP, CON TABLERO DE CONTROL Y CONTROLADORES DE NIVEL ENCENDIDO AUTOMATICO Y MANUAL. CON VARIADOR DE VELOCIDAD	1	UND	\$ 9.300.000,00	\$ 9.300.000,00
6	TANQUE AEROBIO Capacidad: 30 m3, 2M h, RECTA: 3 M, Largo: 5 M.	1	UND	\$ 25.700.000,00	\$ 25.700.000,00
7	TANQUE DE 250 LITROS PARA PREPARACIÓN DE QUIMICOS	3	UND	\$ 500.000,00	\$ 1.500.000,00
8	BOMBA DOSIFICADORA	3	UND	\$ 2.000.000,00	\$ 6.000.000,00
9	SISTEMA DE FILTRACION MECANICA COMPUESTO POR 2 TANQUES DE 24" DE ϕ X 47" DE H. EN ACERO AL CARBON CON DISTRIBUIDORES INTERNOS (INFERIOR Y SUPERIOR) CON PINTURA INTERNA EN EPÓXICA, ANTICORROSIVO Y TERMINADO EN PINTURA AZUL REY CON UNA CAPACIDAD MAX. DE 200 GPM, ENTRADA Y SALIDA EN 2" NPT, CON MANHOLE SUPERIOR.	2	UND	\$ 6.500.000,00	\$ 13.000.000,00
	SUB TOTAL				\$ 90.000.000,00
	IVA			19%	\$ 17.100.000,00
	VALOR TOTAL				\$ 107.100.000,00

ASSI Agua sistema y soluciones integrales SAS

YESID ALVARADO MARTINEZ CEL: 317 837 96 41

aguademi2011@gmail.com

RAZON SOCIAL

[Empty box for RAZON SOCIAL]

No. [Empty box for No.]

SEÑOR (ES):

CIUDAD

DIA


MES

AÑO

FORMA DE PAGO

DIRECCION

TELEFONO

CANTIDAD	CONCEPTO	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
2	peroxido hidrogeno 50% x gawapa 30 kilos.	\$130.000.	\$260.000.
4	Soda Caustica x 50% gawapa 20 kilos/litros	\$80.000.	\$320.000.
4	Sulfato Aluminio x kilo.	\$3000	\$12000.
1	Carbon activado x 20kg polvo. derimex.	\$220.000	
1	Carbon activado x 25kg granulo Storimex.	\$320.000	
 FARGRAQUIM S.A.S. Representaciones Nit. 900.324.844-5 Calle 70A 14 - 23 Bogotá PBX: 545 5665 fargraquim@hotmail.com www.fargraquim.com			
FIRMA RECIBIDO		TOTAL ➔	
C.C. o Nit.			