

DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA EN EL SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) DE LÁCTEOS LEVELMA,
MUNICIPIO CAJICÁ

DAVID ANDRÉS BRAVO ROBAYO
ZULYSMILETH HENAO OVALLE

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

2016

DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA EN EL SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) DE LÁCTEOS LEVELMA,
MUNICIPIO CAJICÁ

DAVID ANDRÉS BRAVO ROBAYO

ZULYSMILETH HENAO OVALLE

Proyecto integral de grado para optar por el título de

INGENIERO QUÍMICO

Director

OLGA OSORIO ROJAS

Microbióloga Industrial

FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BOGOTÁ D.C.

Nota De Aceptación

Orientador. Oscar Lombana

Jurado 1. Nubia Liliana Becerra

Jurado 2. Elizabeth Torres

Bogotá, 22 de Agosto del 2016

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro:

Dr. JAIME POSADA DIAZ.

Vice-rector de Desarrollo y Recursos Humanos:

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCA-PEÑA.

Vice-rectora Académica y de Posgrados:

Dra. ANA JOSEFA HERRERA VARGAS.

Secretario General:

Dr. JUAN CARLOS POSADA GARCIA-PEÑA.

Decano Facultad de Ingeniería:

Dr. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI.

Director (E) Facultad de Ingeniería de Petróleos:

DR. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ.

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

En primer lugar, quiero agradecer a Lácteos Levelma S.A.S y a sus directivas, quienes nos brindaron la oportunidad de llevar a cabo este proyecto en sus instalaciones, también a todo el personal por su amabilidad y disponibilidad. Por otro lado, agradezco a la Ingeniera Diana Rey quien nos guio en el desarrollo de la propuesta. Así mismo, dedico un sincero agradecimiento al Ingeniero Leonardo por su constante apoyo.

A los profesores, mi más amplio agradecimiento por brindarme bases sólidas sobre las cuales logré llevar a cabo esta propuesta. Y a Zulysmileth, mi compañera de proyecto por su dedicación y compromiso. Del mismo modo, doy gracias a todos mis amigos y compañeros que fueron una gran ayuda en todo momento.

Por último, el mayor agradecimiento a mi familia, quienes estuvieron incondicionalmente durante el proceso, en especial a mis padres porque me han acompañado y apoyado a lo largo de toda mi vida. Finalmente, agradezco a Dios quien siempre me ha dado la fortaleza suficiente para afrontar los retos.

David Andrés Bravo R.

A Dios por regalarme la vida, y darme fortaleza para seguir adelante. A mis padres por apoyarme cada día y enseñarme a ser mejor persona y mejor profesional, ellos son el pilar de mi vida porque gracias a su amor he crecido y he logrado lo que tengo hasta el momento. A mi abuela, mi segunda madre, por estar siempre a mi lado y por dar todo de ella para mi bienestar. A mi hermano, que a pesar de las discusiones siempre está ahí para alegrarme. A mi novio, que tuvo fortaleza para soportar mis cambios de humor y siempre estuvo apoyándome en los momentos más difíciles. A mi compañero de trabajo, que a pesar de que casi me vuelve loca, me ayudó a culminar este proyecto satisfactoriamente. A mis amigos, los verdaderos, que con su compañía y cariño hicieron de estos años los mejores de mi vida.

Zulysmileth Henao Ovalle.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a:

Lácteos Levelma S.A.S, por permitir el desarrollo de este proyecto dentro de sus instalaciones. También por el apoyo de todas las personas que allí laboran.

A la señora Olga Osorio, por su colaboración y su seguimiento detallado en su calidad de Directora del proyecto.

A los Ingenieros Álvaro Gutiérrez y Oscar Tequia por su apoyo y por brindar orientación en el desarrollo de este proyecto.

Al señor José Bello por su colaboración incondicional y paciencia durante todo el proceso de desarrollo del proyecto.

A todas esas personas y organizaciones que de una u otra forma brindaron apoyo emocional, técnico y académico, y que orientaron incondicionalmente la realización del proyecto.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	23
OBJETIVOS	24
1. MARCO DE REFERENCIA	25
1.1 MARCO TEÓRICO	25
1.1.1 Contaminación en las industrias lácteas	25
1.1.2 Contaminantes en la industria láctea	25
1.1.3 Tratamiento de aguas residuales	26
1.1.3.1 Pre tratamiento	26
1.1.3.2 Tratamiento primario	27
1.1.3.3 Tratamiento secundario	27
1.1.3.4 Tratamiento terciario	28
1.2 MARCO LEGAL	29
2. GENERALIDADES	32
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	32
2.2 PROCESOS DE PRODUCCIÓN	32
2.2.1 Producción de quesos	34
2.2.2 Producción de fermentados	34
2.2.3 Producción de derivados lácteos	34
2.2.4 Producción de helados	34
3. DIAGNÓSTICO ACTUAL DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LÁCTEOS LEVELMA S.A.S	40
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LÁCTEOS LEVELMA	40
3.1.1 Trampa de grasas	41
3.1.2 Tanques clarificadores	43
3.1.3 Piscina de lodos	44
3.1.4 Bomba PTAR	45
3.1.5 Tanque de almacenamiento de agua de la planta Mantovani	45
3.1.6 Bomba planta Mantovani	46
3.2 COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA, CAUDAL Y EL PH PROMEDIO	46
3.2.1 Temperatura	46
3.2.2 pH	47
3.2.3 Caudal	48
3.2.4 Relación en el comportamiento de la temperatura, caudal y pH	50
3.3 BALANCE HÍDRICO	50
3.3.1 Agua de consumo requerida por la empresa	50

3.3.2 Agua residual generada por la empresa	52
3.3.3 Lavado de equipos, superficies y otros objetos	54
3.3.4 Balance general de agua	56
3.4 ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO CON LA NORMATIVIDAD VIGENTE	57
3.4.1 Caracterización del agua residual mediante pruebas presentadas por ANTEK S.A.	57
3.4.2 Análisis de parámetros críticos a la salida de la PTAR	59
3.4.3 Comentarios finales al diagnóstico actual de la planta de tratamiento de agua residual	60
4. PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LÁCTEOS LEVELMA	62
4.1 PARÁMETROS A TENER EN CUENTA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA	62
4.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	63
4.2.1 Neutralización	63
4.2.2 Homogenización de caudales	64
4.2.3 Intercambio iónico	64
4.2.4 Osmosis inversa	64
4.2.5 Cribado	65
4.2.6 Clarificación	65
4.2.7 Flotación	66
4.2.8 Sedimentación	66
4.2.9 Lodos activados	66
4.2.10 Lagunas de aireación	67
4.2.11 Cloración	67
4.2.12 Ozonación (POA)	68
4.3 ALTERNATIVAS DE MEJORA	68
5. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE MEJORA PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LÁCTEOS LEVELMA	74
5.1 MATRIZ DE SELECCIÓN	74
5.1.1 Criterios de selección	74
5.2 CAMBIO DE JABÓN Y DESINFECTANTE	77
5.2.1 Selección de agentes desinfectantes y detergentes	77
5.2.2 Ciclo de la propuesta de lavado y desinfección para lácteos Levelma	77
5.2.3 Lavado previo	78
5.2.4 Limpieza con detergente	78
5.2.5 Enjuagado	78
5.2.6 Desinfección	78
5.2.7 Enjuagado final	79
5.3 NEUTRALIZACIÓN	79
5.3.1 NaOH	79
5.3.2 KOH	81

5.4 TEST DE JARRAS PARA COAGULANTES Y FLOCULANTES	82
5.4.1 Pruebas fisicoquímicas iniciales del agua sin tratar	83
5.4.2 Descripción de los reactivos	86
5.4.3 Ensayos de laboratorio	88
5.4.3.1 Coagulantes inorgánicos	90
5.4.3.2 Coagulantes orgánicos	95
5.5 TRATAMIENTO SECUNDARIO CON LODOS ACTIVADOS	106
5.5.1 Modelo de lodos activados de mezcla completa	106
6. DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS Y TRATAMIENTO BIOLÓGICO	108
6.1 HOMOGENIZACIÓN DE CAUDALES	108
6.1.1 Diseño del tanque de homogenización	108
6.1.2 Diseño del agitador	111
6.2 CRIBADO	111
6.2.1 Sólidos de la muestra sin filtrar	113
6.2.2 Sólidos de la muestra filtrada	113
6.2.3 Cálculo del porcentaje de remoción	114
6.2.3.1 Dimensionamiento de la rejilla	115
6.2.3.2 Consideraciones de diseño	115
6.3 TANQUE CLARIFICADOR	115
6.3.1 Dosificación de los compuestos químicos en el tanque de clarificación	117
6.3.2 Cantidad de químicos utilizados por día	119
6.4 DISEÑO DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS	119
6.4.1 Cálculo del reactor de lodos activados de mezcla completa	121
6.5 METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN	125
6.5.1 Funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales con la Propuesta de mejora	125
7. ANÁLISIS DE COSTOS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA PARA LA MEJORA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LÁCTEOS LEVELMA	128
7.1 COSTOS ACTUALES DE LA PTAR	128
7.1.1 Costos de mantenimiento	128
7.1.2 Costos de operación	129
7.1.2.1 Gasto energético de las bombas y motor de agitación	129
7.1.2.2 Compuestos químicos	130
7.1.2.3 Operario de la PTAR	131
7.1.3 Análisis de costos actual	132
7.2 COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	132
7.2.1 Instalación de nuevos equipos	132
7.2.2 Costos operación y mantenimiento	133
7.2.2.1 Lavado de la planta	133
7.2.2.2 Gasto energético de las bombas y agitadores	133
7.2.2.3 Compuestos químicos presentes en el tratamiento	135

7.2.2.4 Operario de la PTAR	135
7.2.3 Análisis de costos con la alternativa de mejora	136
7.2.4 Costos por lavados de equipos en la planta de producción antes de la propuesta de mejora	136
7.2.5 Costos por lavados de equipos en la planta de producción con la propuesta de mejora	137
7.2.6 Sanciones y sellamiento	137
7.2.6.1 Sanciones	137
7.2.6.2 Sellamiento	138
7.2.7 Flujo de caja	138
7.3 Análisis final de la propuesta de mejora	140
8. CONCLUSIONES	141
9. RECOMENDACIONES	143
BIBLIOGRAFÍA	144
ANEXOS	146

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Parámetros permisibles según resolución 0631 del 2015	30
Tabla 2. Criterios para calcular la importancia de la afectación	31
Tabla 3. Compuestos químicos utilizados en la etapa de clarificación	43
Tabla 4. Consumo promedio de agua entre finales del año 2014 y 2015	51
Tabla 5. Datos obtenidos para el cálculo del balance hídrico	56
Tabla 6. Datos obtenidos del análisis de agua de la empresa lácteos Levelma 2015	58
Tabla 7. Comparación de los datos de salida de la PTAR con la normatividad vigente	59
Tabla 8. Porcentajes distribuidos en los criterios de selección	75
Tabla 9. Calificación para evaluar las alternativas de mejora	75
Tabla 10. Matriz de selección de las alternativas como adaptación de Kepner & Tregoe	76
Tabla 11. Datos para la curva de neutralización con NaOH	80
Tabla 12. Datos para la curva de neutralización con KOH	81
Tabla 13. Datos para el cálculo de los sólidos suspendidos totales	85
Tabla 14. Variables fijas del proceso de ensayo de jarras	88
Tabla 15. Variables fijas del ensayo 1	91
Tabla 16. Resultados obtenidos en el ensayo 1	91
Tabla 17. Variables fijas del ensayo 2	92
Tabla 18. Resultados obtenidos en el ensayo 2	93
Tabla 19. Variables fijas de ensayo 3	94
Tabla 20. Resultados obtenidos en el ensayo 3	94
Tabla 21. Variables fijas del ensayo 4	95
Tabla 22. Resultados obtenidos en el ensayo 4	96
Tabla 23. Variables fijas del ensayo 5	97
Tabla 24. Resultados obtenidos en el ensayo 5	97
Tabla 25. Comparación de los datos obtenidos con el coagulante L-AC011	100
Tabla 26. Variables fijas general del ensayo 6	101
Tabla 27. Variables fijas del ensayo 6	102
Tabla 28. Resultados obtenidos en el ensayo 6	103
Tabla 29. Comparación de los datos obtenidos con el coagulante L-1688	104
Tabla 30. Análisis de sulfatos de la muestra tratada	105
Tabla 31. Datos promedio del caudal por hora en una semana de producción de la planta Mantovani	109
Tabla 32. Datos promedio de caudal por hora en una semana de producción de la planta Levelma	109
Tabla 33. Características de las rejillas	111
Tabla 34. Características de las capsulas utilizadas en el experimentación	112
Tabla 35. Datos obtenidos de la determinación de ST de la muestra sin filtrar	113
Tabla 36. Datos obtenidos de la determinación de ST de la muestra filtrada	114

Tabla 37. Cantidad de químico utilizado por día	119
Tabla 38. Coeficientes para los procesos de fangos activados	120
Tabla 39. Parámetros de diseño para los procesos de fangos activados	121
Tabla 40. Datos de partida del diseño	121
Tabla 41. Parámetros calculados para el diseño del reactor aerobio	123
Tabla 42. Costo del jabón en polvo utilizado para lavado de la PTAR	128
Tabla 43. Costo de operación de las bombas de la PTAR	129
Tabla 44. Costo de los equipos utilizados en la PTAR	130
Tabla 45. Costos de los compuestos químicos utilizados actualmente	131
Tabla 46. Salario mensual del operario de la planta	131
Tabla 47. Costo actual de la PTAR por mes	132
Tabla 48. Costo de instalación de equipos	133
Tabla 49. Costo del jabón en polvo utilizado para lavado de la PTAR	133
Tabla 50. Costo de operación de las bombas de la PTAR	134
Tabla 51. Costo operación de equipos con la propuesta de mejora	135
Tabla 52. Costo de los químicos utilizados en el tratamiento	135
Tabla 53. Costo actual de la PTAR por mes	136
Tabla 54. Costo de los productos de lavado de equipos en la planta de Producción	137
Tabla 55. Costo de los productos de lavado de quipos en la planta de producción	137

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Planta lácteos Levelma en el municipio de Cajicá	32
Figura 2. Planta de producción Levelma	33
Figura 3. Planta de producción Mantovani	33
Figura 4. Proceso general de la producción de quesos	35
Figura 5. Proceso general de la producción de fermentados	36
Figura 6. Proceso general de producción de arequipe	37
Figura 7. Proceso general de producción de mantequilla y crema de leche	38
Figura 8. Proceso general de producción de helados	39
Figura 9. Planta de tratamiento de aguas residuales de lácteos Levelma	40
Figura 10. Proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales de lácteos Levelma	41
Figura 11. Vista superior de las cuatro trampas de grasas	42
Figura 12. Trampa de grasa inicial	42
Figura 13. Tanques de clarificación	44
Figura 14. Piscina de lodos/grasas	44
Figura 15. Bomba conectada de las trampas de grasa a los tanques de floculación y coagulación	45
Figura 16. Tanque de almacenamiento de agua de la planta Mantovani	45
Figura 17. Bomba planta Mantovani	46
Figura 18. Diagrama de entradas y salidas de agua en lácteos Levelma	57
Figura 19. Alternativa de mejora 1	71
Figura 20. Alternativa de mejora 2	72
Figura 21. Alternativa de mejora 3	73
Figura 22. Ciclo de limpieza de equipos	78
Figura 23. Muestra de agua sin tratar	82
Figura 24. Titulación de la muestra para calcular cloruros	83
Figura 25. Turbidez del agua sin tratar de lácteos Levelma	84
Figura 26. Sólidos sedimentables iniciales	85
Figura 27. Muestras de floculantes de la empresa LIPESA	86
Figura 28. Muestras de coagulantes de la empresa LIPESA	87
Figura 29. Cantidad de floculante 1569A pesado para la preparación	88
Figura 30. Cantidad de floculante 1538 pesado para la preparación	89
Figura 31. Preparación del floculante	89
Figura 32. Coagulantes inorgánicos al 10%	90
Figura 33. Coagulantes orgánicos al 10%	90
Figura 34. Ensayo de jarras 1	92
Figura 35. Ensayo de jarras 2	93
Figura 36. Ensayo de jarras 3	95
Figura 37. Ensayo de jarras 4	96
Figura 38. Ensayo de jarras 5	98
Figura 40. Turbidez de las jarras con mejor comportamiento de los ensayos	98

Figura 40. Agua clarificada por distintos coagulantes	99
Figura 41. Coagulante orgánico L – 1688	101
Figura 42. Grasa retirada en el tanque homogeneizador	102
Figura 43. Datos iniciales del agua a tratar	102
Figura 44. Ensayo de jarras 6	103
Figura 45. Calidad de agua tratada y floc final	104
Figura 46. Esquema básico de lodos activados	106
Figura 47. Sistema de mezcla completa con recirculación	107
Figura 48. Rejilla 1	112
Figura 49. Rejilla 2	112
Figura 50. Rejilla 3	112
Figura 51. Transporte del agua del tratamiento primario al reactor de Aireación	117
Figura 52. Balance de masa en el sistema de lodos activados	125
Figura 53. Paso del agua por el sistema de mejora de la PTAR	126
Figura 54. Flujo de caja del sistema actual del tratamiento de aguas Residuales	139
Figura 55. Flujo de caja del sistema de tratamiento de aguas residuales con propuesta de mejora	139

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Componentes utilizados en el lavado de equipos	55
Cuadro 2. Alternativas de solución para el tratamiento de aguas residuales En lácteos Levelma	63
Cuadro 3. Ventajas y desventajas de la neutralización	64
Cuadro 4. Ventajas y desventajas de la homogenización	64
Cuadro 5. Ventajas y desventajas del intercambio iónico	64
Cuadro 6. Ventajas y desventajas de la osmosis inversa	65
Cuadro 7. Ventajas y desventajas del cribado	65
Cuadro 8. Ventajas y desventajas de la clarificación	65
Cuadro 9. Ventajas y desventajas de la flotación	66
Cuadro 10. Ventajas y desventajas de la sedimentación	66
Cuadro 11. Ventajas y desventajas de los lodos activados	66
Cuadro 12. Ventajas y desventajas de las lagunas de aireación	67
Cuadro 13. Ventajas y desventajas de la cloración	67
Cuadro 14. Ventajas y desventajas de la Ozonación	68
Cuadro 15. Nomenclatura para la selección de la alternativa de mejora	75
Cuadro 16. Matriz de cumplimiento de los criterios mínimos (SI/NO)	76
Cuadro 17. Dosificaciones recomendadas de los químicos para la limpieza de equipos	79
Cuadro 18. Tipos de floculantes de la empresa LIPESA	86
Cuadro 19. Tipos de coagulante de la empresa LIPESA	87
Cuadro 20. Significado de los símbolos implicados en el diseño	120
Cuadro 21. Metodología de arranque de la planta de tratamiento de aguas residuales con la propuesta de mejora	127

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. Promedio semanal por hora de la temperatura registrada a la salida de Mantovani	47
Gráfica 2. Promedio semanal por hora de la temperatura registrada a la salida de Levelma	47
Gráfica 3. Promedio semanal por hora del pH registrado a la salida de Mantovani	48
Gráfica 4. Promedio semanal por hora del pH registrado a la salida de Levelma	48
Gráfica 5. Promedio semanal por hora del caudal registrado a la salida de Mantovani	49
Gráfica 6. Promedio semanal por hora del pH registrado a la salida de Levelma	49
Gráfica 7. Curva de neutralización de la muestra con NaOH	81
Gráfica 8. Curva de neutralización de la muestra con NaOH	82
Gráfica 9. Flujo acumulado vs hora de producción planta Mantovani	110
Gráfica 10. Flujo acumulado vs hora de producción planta Levelma	110

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Cálculo de la importancia de la afectación.	30
Ecuación 2. Cálculo del valor monetario de la importancia de la afectación.	31
Ecuación 3. Cálculo del caudal de las plantas de producción.	51
Ecuación 4. Sumatoria del agua suministrada por la EPC a la empresa de lácteos Levelma.	52
Ecuación 5. Cálculo del agua de lavado de equipos	53
Ecuación 6. Calculo del agua residual doméstica	54
Ecuación 7. Balance general de agua	56
Ecuación 8. Relación para el método Kepner & Tregoe.	76
Ecuación 9. Fórmula general de disoluciones.	80
Ecuación 10. Cálculo de la concentración de cloruros.	83
Ecuación 11. Porcentaje de remoción de las jarras.	84
Ecuación 12. Cálculo de los sólidos suspendidos totales.	85
Ecuación 13. Sistema básico reaccionante de los lodos activados.	106
Ecuación 14. Planteamiento general	107
Ecuación 15. Calculo de los sólidos totales	113
Ecuación 16. Porcentaje de sólidos removidos por la malla	114
Ecuación 17. Relación SSVLM/SSML	122
Ecuación 18. Balance general de caudal en el sistema biológico	123
Ecuación 19. Concentración de SSV en el efluente	124
Ecuación 20. Costo del jabón en polvo por mes	128
Ecuación 21. Calculo del costo mensual de los compuestos químicos	131

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Fichas de seguridad de los compuestos utilizados actualmente para lavados y tratamiento de aguas en la empresa	147
Anexo B. Planos actuales de la PTAR	158
Anexo C. Tomas de pH, caudal y temperatura en una semana de producción	160
Anexo D. Fichas de seguridad de los nuevos compuestos utilizados en el lavado de equipos	166
Anexo E. Fichas de seguridad de los compuestos utilizados en la neutralización y test de jarras	170
Anexo F. Índice de Willcomb	178
Anexo G. Análisis fisicoquímico realizado por Laboratorios Biotrends S.A.S.	180
Anexo H. Cálculos del diseño de equipos y tratamiento biológico	186
Anexo I. Cálculo de los sólidos totales de una muestra de agua antes y después de la filtración con rejillas	196
Anexo J. Solver para encontrar las medidas del tanque clarificador y el tanque sedimentador secundario	199
Anexo K. Diseño de los equipos de la propuesta de mejora	201
Anexo L. Cotización de la propuesta de mejora	206

GLOSARIO

AFLUENTE: flujo de agua que ingresa a la PTAR desde la planta de producción.

AGUA RESIDUAL: agua proveniente de un proceso, que contiene cualquier tipo de contaminación.

COAGULACIÓN: proceso de desestabilización de las moléculas.

DBO: la demanda biológica de oxígeno es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia orgánica en una muestra de agua residual.

DQO: la demanda química de oxígeno es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno requerido para oxidar la materia orgánica en una muestra de agua residual.

EFLUENTE: flujo de agua que sale de la PTAR hacia el alcantarillado.

FLOCULACION: proceso mediante el cual se aglutinan las partículas previamente desestabilizadas en el proceso de coagulación.

ÍNDICE DE WILLCOMB: es un criterio de tipo visual en el cual se evalúa la buena formación del floculo y la cristalización del agua después de haber realizado un test de jarras.

LODOS ACTIVADOS: proceso biológico en el cual se busca reducir la carga orgánica del agua mediante el empleo de microorganismos dentro de un reactor.

NEUTRALIZACIÓN: proceso mediante el cual se realiza una variación de pH con un agente químico para lograr un valor deseado.

OXIGENO DISUELTO: es la cantidad de oxígeno mezclado en el agua y es esencial para la vida marina.

pH: unidad que mide la acidez o basicidad de una solución y puede variar entre 0 y 14.

SEDIMENTACIÓN: proceso mediante el cual se busca una separación de las partículas sólidas en un líquido utilizando la gravedad se puede realizar con ayuda de compuestos químicos como floculantes y coagulantes.

TURBIDEZ: parámetro en el cual se mide la transparencia del agua

VERTIMIENTOS: es la salida del agua residual al alcantarillado.

RESUMEN

TÍTULO DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA PARA EL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) DE LÁCTEOS LEVELMA, MUNICIPIO DE CAJICÁ.

El presente trabajo de grado muestra el desarrollo de una propuesta de mejora para el sistema de tratamiento de agua residual de Lácteos Levelma, en la PTAR del municipio de Cajicá.

En primer lugar, se realizó el diagnóstico de las etapas del tratamiento de aguas residuales de Lácteos. Posterior a esto se analizaron los datos fisicoquímicos presentados por la empresa ANTEK, y se determinó que parámetros eran problemáticos dentro de la PTAR y que no permitían cumplir con la resolución 0631 de 2015.

Teniendo en cuenta los parámetros analizados, se buscó información bibliográfica, con la cual se plantearon 3 alternativas de mejora que permitirían disminuir los parámetros que no cumplían la normatividad. Mediante una matriz de selección, se escogió la alternativa que mejor se ajustaba a las necesidades de la empresa.

Una vez que se escogió la alternativa de mejora, se procedió a realizar la experimentación de esta, teniendo en cuenta el paso a paso que contempla etapas de homogenización, cribado, separación de grasas, coagulación y floculación y lodos activados a nivel teórico. Esta agua tratada fue enviada al laboratorio de la empresa BIOTRENDS, quienes realizaron el análisis fisicoquímico para demostrar la disminución en los parámetros problema.

Por último, se realizó un análisis de costos, teniendo en cuenta el antes y el después del tratamiento, y las posibles sanciones que serían aplicadas en caso de no seguir cumpliendo con la resolución.

PALABRAS CLAVES

- Aguas residuales.
- Normatividad/Resolución.
- Homogenización.
- Cribado.
- Separación de grasas.
- Coagulación y floculación.
- Lodos activados.
- Agua tratada.

INTRODUCCIÓN

A través del tiempo, se ha visto como la industria ha desarrollado diferentes formas de incursionar en los mercados, utilizando nuevas tecnologías para garantizar la buena prestación de los servicios y la calidad en los productos ofrecidos. Esta búsqueda del éxito ha traído como consecuencia el aumento en la demanda y con ello el aumento en los distintos procesos de producción.

La industria láctea, se ubica dentro de los sectores industriales de alimentos que utilizan un gran porcentaje de agua potable para realizar sus procesos. El contacto directo del agua con los compuestos utilizados en el procesamiento de la leche, genera contaminación de tipo física, química y biológica, lo que trae como consecuencia un impacto ambiental, que se debe tratar.

La empresa lácteos Levelma, dentro de sus políticas de calidad, buscar mejorar los parámetros que producen el impacto ambiental en el afluente del municipio de Cajicá, mediante la implementación de proyectos sostenibles que mitiguen el daño causado al agua utilizada en los procesos de producción. Para esto, se ha desarrollado un proyecto de tratamiento del agua, que busca disminuir los parámetros críticos, mejorando la calidad del afluente, teniendo en cuenta el costo, la eficiencia, la factibilidad, entre otros.

El presente trabajo, describe de forma detallada el diagnóstico y la propuesta de mejora que se consideró apta para el tratamiento del agua residual de Lácteos Levelma, considerando las estrategias correctivas al sistema actual que se maneja en la empresa, con el fin de disminuir el impacto ambiental generado en los vertimientos por la contaminación del agua.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta para la mejora en la operación de la planta de tratamiento de aguas residuales LEVELMA, municipio Cajicá.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar el funcionamiento actual de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- Seleccionar la alternativa de forma teórica para el mejoramiento de la PTAR mediante el uso de una matriz de selección, cumpliendo con la legislación vigente.
- Evaluar de manera experimental las condiciones de operación y requerimientos técnicos del proceso de tratamiento de aguas residuales en la PTAR, de acuerdo a la alternativa seleccionada.
- Realizar el análisis de costos de la alternativa seleccionada.

1. MARCO DE REFERENCIA

El presente capítulo muestra la información teórica de partida para realizar el análisis teórico y a partir de esto generar estrategias que permitan cumplir los objetivos del proyecto.

1.1 MARCO TEÓRICO

1.1.1 Contaminación en las industrias lácteas. Las industrias lácteas producen una gran cantidad de aguas residuales, producto de los distintos procesos que se llevan a cabo en estas. La mayor parte de estas aguas proceden fundamentalmente de la limpieza de aparatos, máquinas y salas de tratamiento, por lo que contienen restos de productos lácteos y productos químicos (ácidos, álcalis, detergentes, desinfectantes, etc.), aunque también se vierten aguas de refrigeración que, si no se recuperan de forma adecuada, pueden suponer hasta 2 – 3 veces la cantidad de leche que entra en la central. “En estos residuos también quedan englobados los generados por los locales sociales, baños, lavabos, etc.”¹

1.1.2 Contaminantes en la industria láctea. Los contaminantes en la industria láctea varían desde los orgánicos a los inorgánicos, cabe aclarar que la carga contaminante orgánica es alta debido a los reactivos que se utilizan para realizar los diferentes productos.

- **Contaminantes Orgánicos.** “La forma normal de expresar la concentración de un contaminante es especificar la cantidad total por unidad de volumen de agua residual”².
- **Demanda biológica de oxígeno (DBO).** Es una medida del contenido de sustancias degradables biológicamente en las aguas residuales.
- **Demanda química de oxígeno (DQO).** Indica la cantidad de contaminantes en las aguas residuales susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión.
- **Perdidas por calcinación.** Es una medida de la cantidad de sustancia orgánica presente en la muestra, que se determina por peso de la muestra antes y después de realizada una calcinación.
- **Carbono orgánico total.** Es una medida de la cantidad de material orgánico que se determina mediante la medida de CO₂ en la combustión de la muestra.

¹ INSACAN. Contaminación en la industria láctea. Disponible en: <http://www.insacan.org/racvao/anales/1995/articulos/08-1995-02.pdf>. p.14.

² GÖSTA, Bylund. Manual de las industrias lácteas. Tetra Pak Iberia S.A. Madrid, España. 1996. p. 416.

- **Contaminantes inorgánicos.** “Los componentes inorgánicos de las aguas residuales son casi completamente sales minerales, y son determinadas en gran medida por medio de la composición iónica y la concentración salina del agua. La presencia de estas sales en las aguas residuales normalmente no es importante. Los procesos de tratamiento en los efluentes hoy en día se concentran en la reducción de nitrógeno, sales fosfóricas y metales pesados”³.

1.1.3 Tratamiento de aguas residuales. El tratamiento de aguas residuales es una etapa muy importante en las industrias, debido a que un gran porcentaje de esta se dirige hacia cuerpos de agua como lo son ríos o lagunas y en algunos casos el mar y por su estructura química esta agua es susceptible a contaminación, dañando la flora y fauna presente. Es por esto que durante mucho tiempo se han desarrollado métodos que permiten tratar el agua residual, de manera que el porcentaje de contaminación disminuya efectivamente.

1.1.3.1 Pre tratamiento. Este tratamiento es realizado con el fin de remover del agua, ciertos constituyentes que pueden afectar el funcionamiento y mantenimiento de las operaciones posteriores, en el sistema de tratamiento de aguas residuales. Dentro de este retratamiento se tiene.

- **Separación de sólidos.** En esta operación se encuentran las rejillas del tipo tamizado y cribado, las cuales ayudan a separar cierta cantidad de sólidos presentes en el agua y evitan el daño en las bombas o tuberías posteriores a esta operación.
- **Tanques de homogenización.** Estos tanques están diseñados con el fin de amortiguar cambios bruscos de caudal, que traen como consecuencia la variación de parámetros importantes como lo son la temperatura y el pH, los cuales afectan el funcionamiento posterior del sistema de tratamiento.
- **Trampas de grasa.** Las trampas de grasa son un mecanismo que utilizan la diferencia de densidades para separar las grasas y aceites presentes en el agua residual. El diseño de estas trampas de grasa varía con respecto al agua residual que se esté manejando en la empresa. En el caso de la Industria láctea, el agua residual generada por procesos de lavado de equipos, contiene un alto porcentaje de grasas y aceites. Es por esta razón que se debe implementar un sistema que remueva este tipo de contaminación. Las tramas de grasa a su vez deben tener un tiempo de retención hidráulica adecuado que permita la remoción del material grasoso presente en el agua.

Un cambio brusco de temperatura puede ocasionar la dilución de las grasas, lo que no permite el funcionamiento adecuado en las unidades posteriores.

³ Ibíd., p. 417.

También si se presentan cambios variables de caudal, puede producirse agitación excesiva, lo que impide la flotación de la grasa.

1.1.3.2 Tratamiento primario. Este tipo de tratamiento hace referencia a la remoción de ciertas cantidades de materia orgánica, sólidos suspendidos y otros factores contaminantes del agua, con el fin de preparar el agua para un tratamiento secundario. Dentro de las operaciones primarias desarrolladas para tratar el agua, se tiene:

- **Clarificación.** La clarificación consiste en emplear sustancias químicas llamadas coagulantes y floculantes, con el fin de remover un gran porcentaje de impurezas presentes en el agua.

“Dentro de los usos más frecuentes de esta etapa se encuentra”⁴:

- Remoción de turbiedad orgánica o inorgánica que no puede sedimentar rápidamente.
 - Remoción de color verdadero y aparente.
 - Eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación.
 - Destrucción de algas y plancton en general.
 - Eliminación de sustancias productoras de sabor y olor en algunos casos y de precipitados químicos suspendidos o compuestos orgánicos en otros.
- **Coagulación.** Es la desestabilización eléctrica de las partículas contaminantes presentes en el agua residual, con el uso de sustancias químicas llamadas coagulantes, mediante un sistema de agitación que permita la incorporación del químico en las partículas del agua.
 - **Floculación.** Es la etapa donde las partículas desestabilizadas en la etapa anterior chocan unas con otras formando sólidos de mayor tamaño, dando como resultados “flocs” que se pueden retirar fácilmente del agua clarificada.
 - **Flotación.** Es un tratamiento primario que consiste en introducir en la fase líquida, un gas (casi siempre aire) en forma de burbujas. Los sólidos en suspensión del agua residual flotan, debido a que el gas que se introduce las obliga a elevarse hasta la superficie.

1.1.3.3 Tratamiento secundario. Este tratamiento se realiza con el fin de disminuir el DBO y el DQO del agua residual, mediante procesos biológicos. Dentro de los posibles tratamientos biológicos que se pueden realizar, se tiene:

⁴ ARBOLEDA VALENCIA, Jorge. Teoría de la coagulación del agua. Editorial Acodal. Colombia. 1992. p. 12.

- **Aeróbicos.** “Son los tratamientos habitualmente empleados, siendo el proceso de lodos activados el utilizado normalmente. Se basan en la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos en presencia de oxígeno”⁵.
- **Anaeróbicos.** “Se basa en la degradación de la materia orgánica por bacterias anaeróbicas formándose metano y CO, Como ventajas tiene esencialmente la posibilidad de aprovechar el valor calorífico del gas en la explotación de la propia planta, la baja producción de lodos, así como el valor de los mismos que pueden ser empleados como abono por su alto valor fertilizante”⁶.
- **Filtros percoladores.** Este tipo de tratamiento se utiliza en aguas residuales pre tratadas. Consiste en un “reactor” biológico que mantiene fijo el crecimiento microbiano en él. Por este se hacen fluir las aguas residuales a través de un medio previamente acondicionado con grava o compuestos plásticos para fomentar la disminución la carga orgánica en el agua, así como los microorganismos que se encuentren presentes en esta.
- **Biodiscos (RBC).** “Son sistemas que permiten la obtención de un tratamiento biológico aerobio de aguas residuales. En el caso de los RBC, la biomasa se presenta simultáneamente en la forma de crecimiento asistido y de crecimiento en suspensión, obteniéndose una mezcla entre tratamiento con filtros percoladores y tratamiento con lodos activados”⁷.

1.1.3.4 Tratamiento terciario. Es un tratamiento avanzado se le realiza al agua residual con el fin de eliminar los factores contaminantes que no se eliminaron con ningún tratamiento anterior para mejorar la calidad del agua a la salida.

- **Filtración.** Es un tratamiento que se realiza con el fin de eliminar las partículas suspendidas o coloidales que están presentes en el agua tratada, mediante un medio poroso.
- **Adsorción en carbón activo.** La finalidad de este tratamiento es eliminar olores y posibles sabores presentes en las aguas residuales, producto de los contaminantes.
- **Intercambio iónico.** El intercambio iónico se utiliza para eliminar los minerales contenidos en el agua en donde los iones que se mantienen unidos a grupos funcionales sobre la superficie de un sólido se intercambian por iones de una superficie diferente en solución.
- **Osmosis inversa.** Consiste en separar el solvente de una solución concentrada, que pasa a través de una membrana semipermeable, aplicando presión la cual

⁵ INSACAN, Op., Cit., p. 19.

⁶ *Ibíd.*, p. 19.

⁷ RAMALHO. Rubens. Sette. Tratamiento de Aguas Residuales. Quebec: Reverté, 1990. p. 493.

deberá ser superior a la presión osmótica. Cuanto mayor sea la presión aplicada, mayor será el flujo de permeado a través de la membrana.

- **Cloración.** Consiste en introducir productos clorados en el agua para matar los microorganismos contenidos en ella. El químico más utilizado es el hipoclorito de sodio.
- **Ozonificación.** El gas ozono tiene mayor efecto germicida que el cloro y sus subproductos son menos perniciosos al no ser halogenados y desaparecen mucho más rápidamente. Su instalación requiere una fuente de aire u oxígeno puro y de alta calidad, por lo que necesitará filtros de aire o proveerse de tanques especializados.
- **Eliminación de fósforo y nitrógeno.** Las aguas que contienen cargas elevadas de fosfatos y nitratos provocan el proceso de eutrofización de lagos y embalses, estimulando el crecimiento de algas y plantas acuáticas arraigadas en cursos de agua poco profundos. La presencia de estas plantas puede interferir con los usos beneficiosos de los recursos hídricos.

1.2 MARCO LEGAL

El gobierno nacional ha reglamentado una nueva normatividad que se encarga de regular el manejo de vertimientos, en la cual se establecen los parámetros mínimos que debe cumplir el agua residual antes de descargarse al alcantarillado.

La normatividad por la cual se rige el vertimiento saliente del sistema de tratamiento de aguas residuales en lácteos Levelma S.A.S, es:

- **La resolución 0631 de 2015.** “Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”⁸. La **Tabla 1** presenta los parámetros permisibles según la resolución 0631 del 2015.

⁸MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631 de 2015. 17 de marzo de 2015. Versión 4. p.15.

Tabla 1. Parámetros permisibles según la resolución 0631 del 2015.

Parámetro	Unidades	Elaboración de productos lácteos
pH	Unidades	6 a 9
Temperatura	°C	Máximo 40
DQO	mg/L O ₂	450
DBO ₅	mg/L O ₂	250
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	150
Sólidos Sedimentables	mL/L	2
Grasas Y Aceites	mg/L	20
Cloruros	mg/L	500
Sulfatos	mg/L	500

Fuente: MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631 de 2015.

- **Ley 1333 de 2009.** “Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones”⁹

El título IV, habla del procedimiento sancionatorio que se debe aplicar como consecuencia de haberse impuesto una medida preventiva.

El título V, habla sobre las medidas preventivas y sanciones aplicables.

- **Resolución 2086 de 2010.** “Por la cual se adopta la metodología para la tasación de multas consagradas en el numeral 1o del artículo 40 de la Ley 1333 del 21 de julio de 2009 y se toman otras determinaciones”¹⁰.

El Artículo 7o. Estima el valor de la multa basado en la importancia de la afectación mediante la calificación de cada uno de los atributos.

La **Ecuación 1** presenta el cálculo de la importancia de la afectación.

Ecuación1. Cálculo de la importancia de la afectación.

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

Dónde:

I= Importancia de la afectación.

IN=Intensidad.

EX=Extensión.

⁹ CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1333 de 2009. Disponible en: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1333_2009.html

¹⁰ MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2086 de 2010. Disponible en: <http://www.parquesnacionales.gov.co/porta/wp-content/uploads/2015/04/RESOLUCI%C3%93N-2086-DE-2010.pdf>

PE=persistencia.
RV=Reversibilidad.
MC=Recuperabilidad.

En la **Tabla 2** se muestra la calificación dada a la contaminación en vertimientos en la industria láctea.

Tabla 2. Criterios para calcular la importancia de la afectación.

Criterios a evaluar	Calificación
Intensidad (IN)	4
Extensión (EX)	1
Persistencia (PE)	3
Reversibilidad (RV)	1
Recuperabilidad (MC)	1

La **Ecuación 2** ilustra el cálculo del valor monetario de la importancia de la afectación.

Ecuación 2. Cálculo del valor monetario de la importancia de la afectación.

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

Dónde:

i: Valor monetario de la importancia de la afectación.
SMMLV: Salario mínimo mensual legal vigente.

2. GENERALIDADES

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Lácteos Levelma S.A.S. es una empresa productora y comercializadora de derivados lácteos, que ofrece una gran variedad de productos los cuales incluyen quesos, helados, postres, yogurt, mantequilla, entre otros. Lácteos Levelma cuenta con seis puntos de comercialización ubicados en Belmira, Calle 69, Colina, C.C Santa fe, Calle 170 y Cajicá, siendo estas dos últimas los puntos de fábrica. La **Figura 1** ilustra la ubicación de lácteos Levelma S.A.S.

Figura 1. Planta lácteos Levelma en el municipio de Cajicá.



La empresa Lácteos Levelma S.A.S. (**Ver Figura 1**) cuenta solamente con una planta de tratamiento de aguas residuales que se encuentra ubicada dentro de la planta de producción del municipio de Cajicá, Km 1 vía Zipaquirá.

En la actualidad, la sede de Cajicá cuenta con 20 operarios de la planta de producción y 6 empleados administrativos, para un total de 26 empleados. El horario laboral es de lunes a sábado de 6 am a 4pm, realizando las actividades de producción de 7am a 4pm. La planta cuenta con un área construida de 1.707 m² y un área total de 8.445 m². El promedio de leche utilizada diariamente es de 15.000L.

2.2 PROCESOS DE PRODUCCIÓN

La industria ofrece gran variedad de productos que se comercializan con el fin de innovar en los mercados brindando productos de alta calidad que satisfagan las necesidades de los clientes.

La planta de producción se divide en dos áreas: la planta principal llamada Levelma (**Ver Figura 2**) y la planta secundaria llamada Mantovani (**Ver Figura 3**). La primera es el área de producción de quesos, fermentados, y derivados lácteos como arequipe y crema de leche. La segunda es la planta de producción de helados y mantequilla, rallado de queso parmesano y zona de cavas de quesos.

Figura 2. Planta de producción Levelma.



Figura 3. Planta de producción Mantovani.



Lácteos Levelma maneja 4 líneas de producción: Quesos, fermentados, derivados lácteos y helados. La descripción general de los procesos se muestra a continuación.

2.2.1 Producción de quesos. Se producen dos tipos de quesos que son los quesos maduros y los quesos frescos. Los quesos tienen el mismo proceso de producción hasta el paso por la salmuera, luego de eso el queso fresco es empacado y dirigido al cuarto frío (temperatura 4°C), mientras que el queso maduro sufre un proceso de maduración dentro de cavas por un tiempo determinado, posterior a eso se empaca y se sigue la secuencia del proceso de fabricación del queso fresco (**Ver Figura 4**).

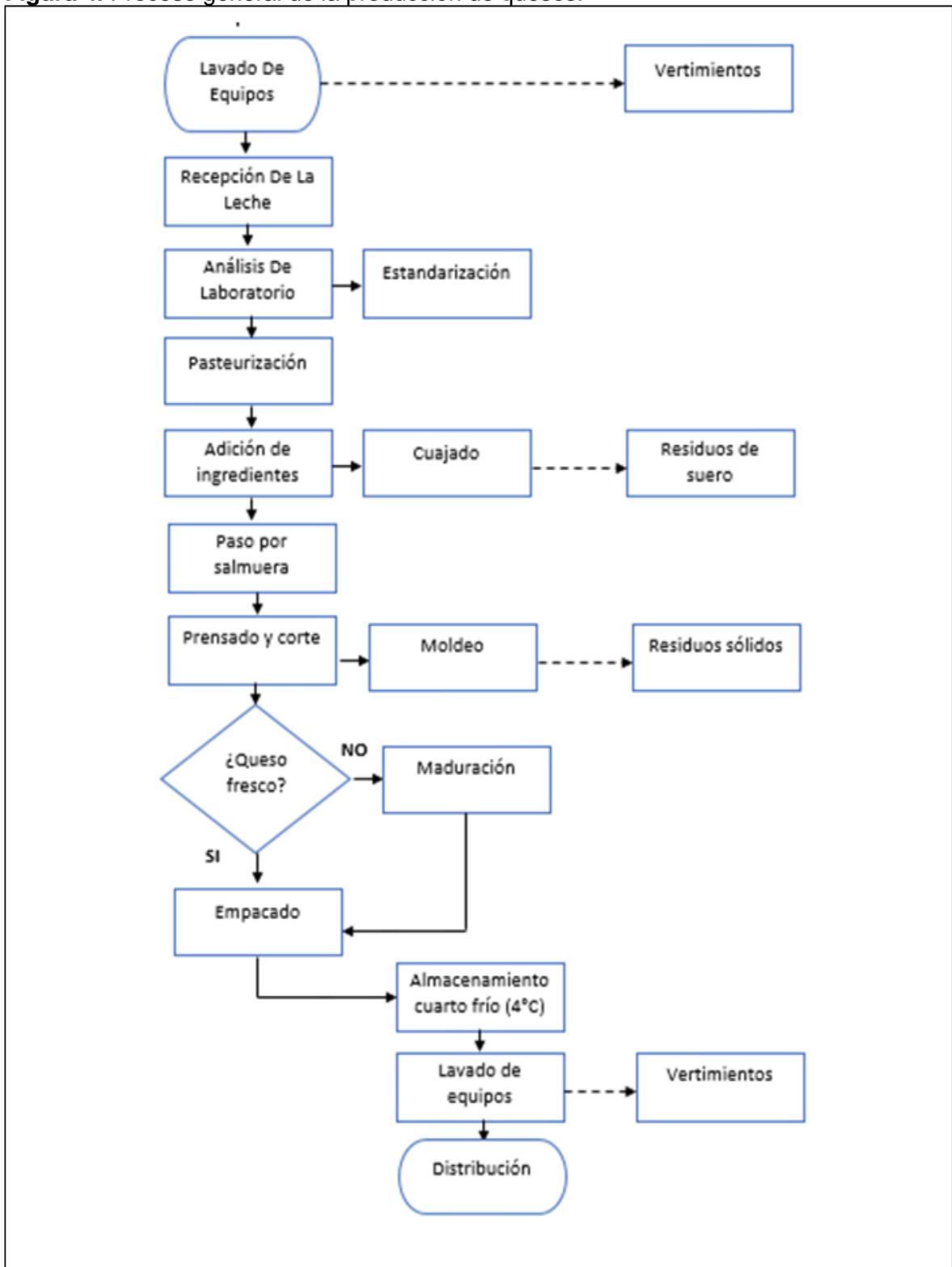
2.2.2 Producción de fermentados. En esta línea se encuentra el yogurt y el kumis. La diferencia en el proceso se da por la adición del fermento, puesto que los cultivos y las condiciones difieren si se quiere preparar yogurt o kumis. Luego de la incubación el proceso de producción de estos fermentados lácteos es la misma (**Ver Figura 5**).

2.2.3 Producción de derivados lácteos. En esta línea la empresa produce arequipe, mantequilla, crema de leche. El proceso de la mantequilla y la crema de leche se rigen por pasos similares, siendo la obtención de esta última uno de los pasos para la fabricación de mantequilla. El proceso de fabricación de arequipe difiere en ciertos pasos, sin embargo, hace parte de la misma línea de producción (**Ver Figuras 6 y 7**).

2.2.4 Producción de helados. La producción de helados es la que menos vertimientos genera, porque el agua residual solo se produce por lavados de equipos o por derrames accidentales en las máquinas de producción (**Ver Figura 8**).

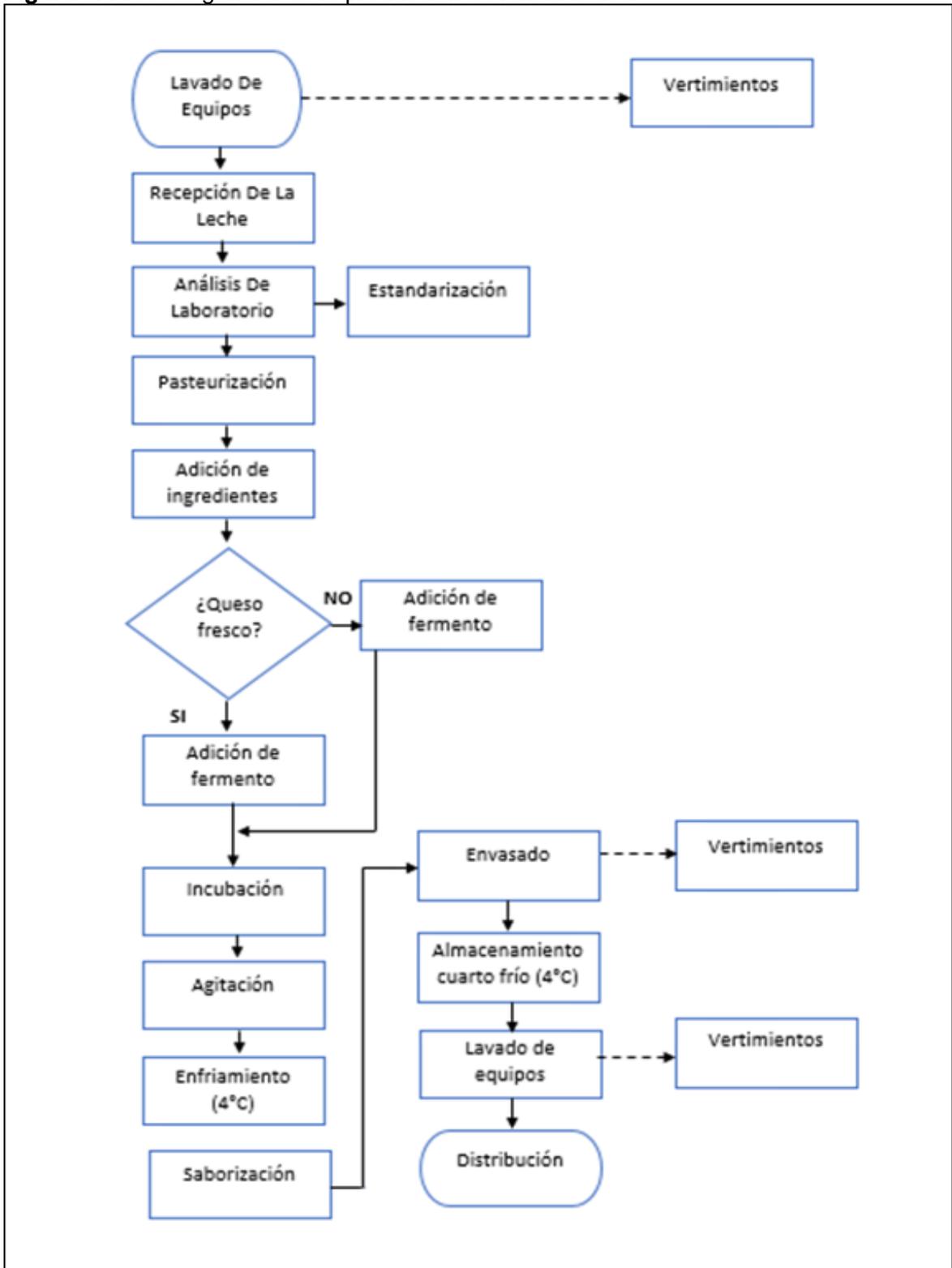
Las figuras 4, 5, 6, 7 y 8 muestran los diagramas de proceso para cada línea de producción de Lácteos Levelma S.A.S.

Figura 4. Proceso general de la producción de quesos.



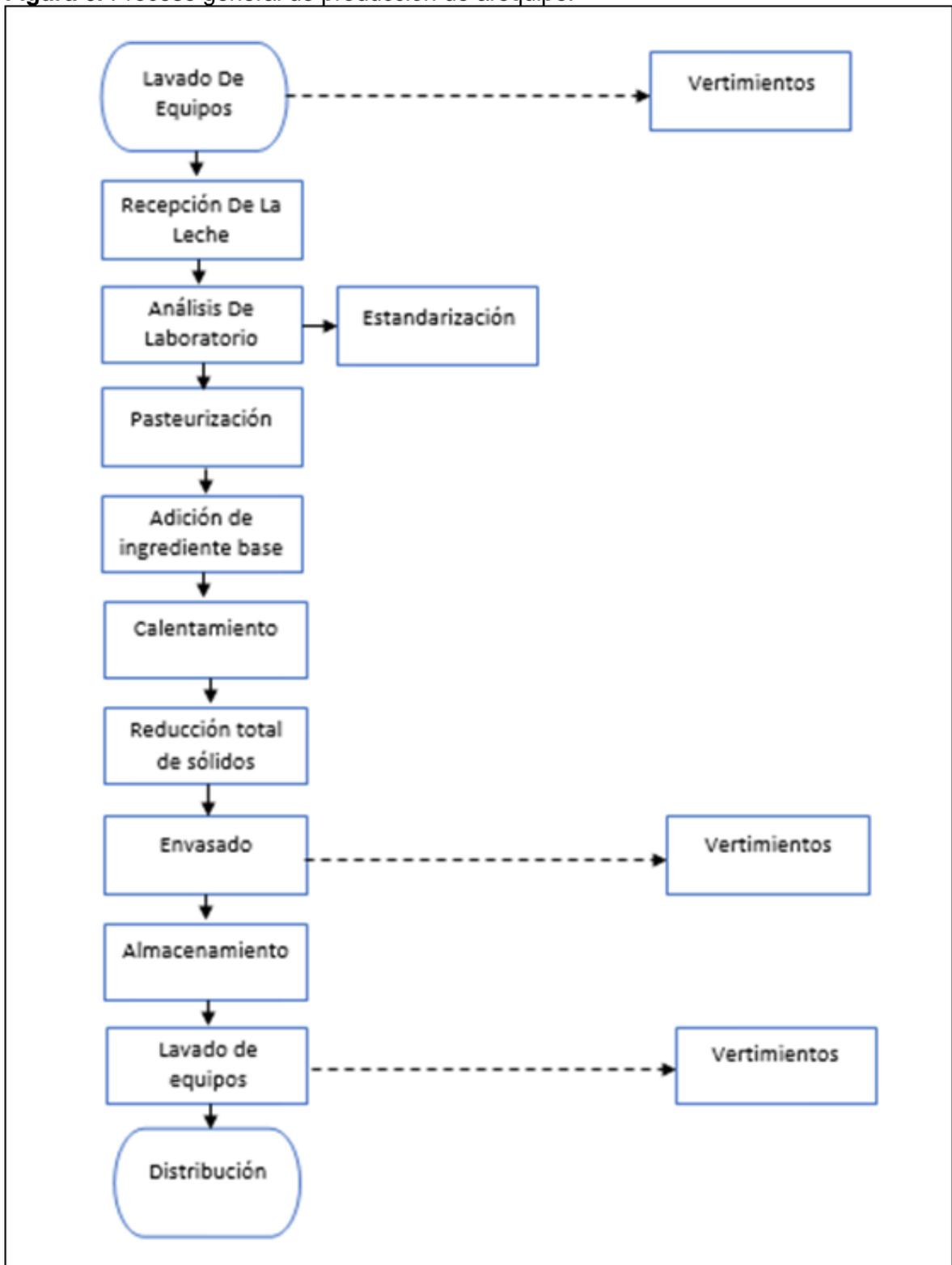
Fuente: LEVELMA S.A.S.

Figura 5. Proceso general de la producción de fermentados.



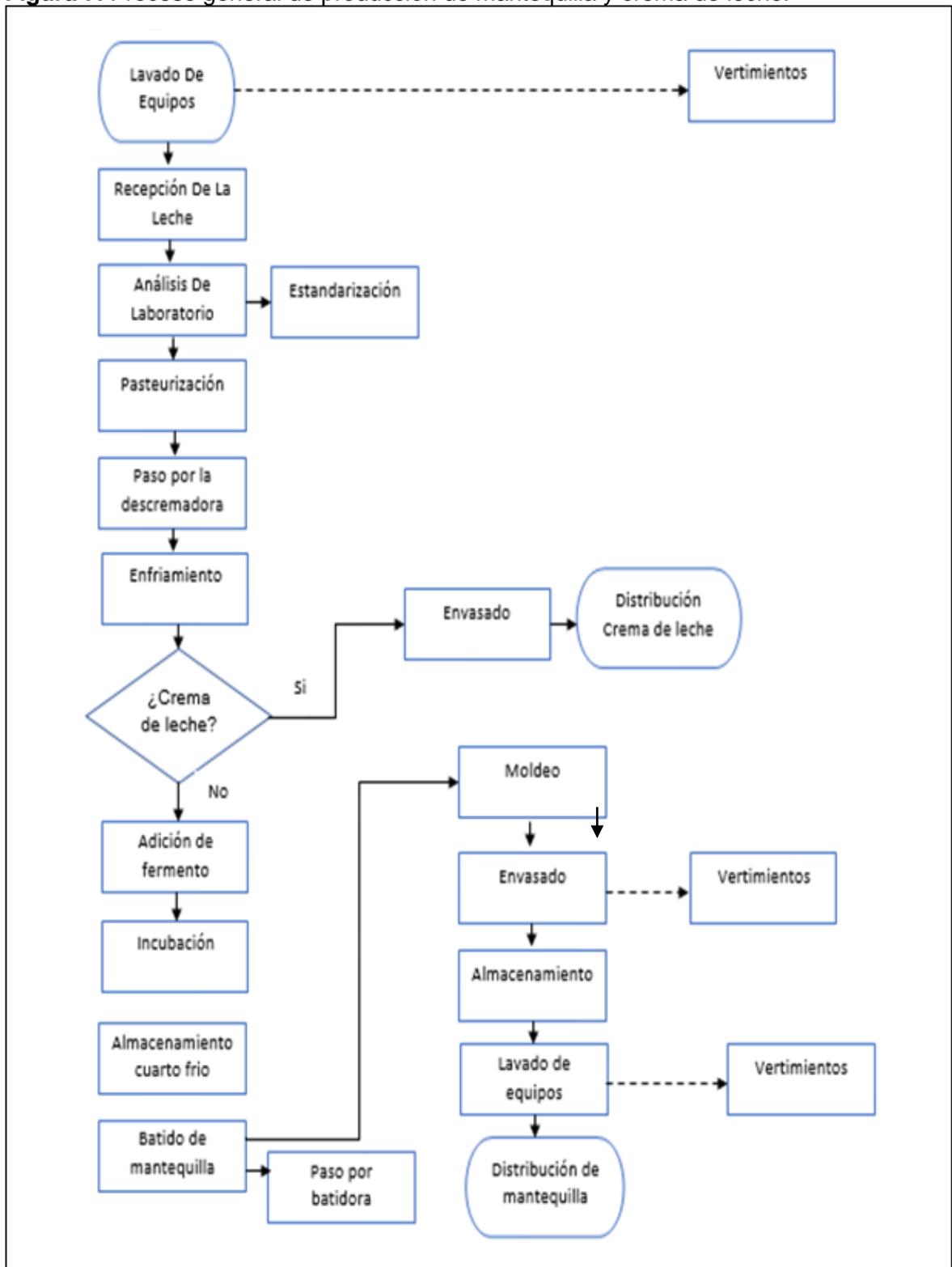
Fuente: LEVELMA S.A.S.

Figura 6. Proceso general de producción de arequipe.



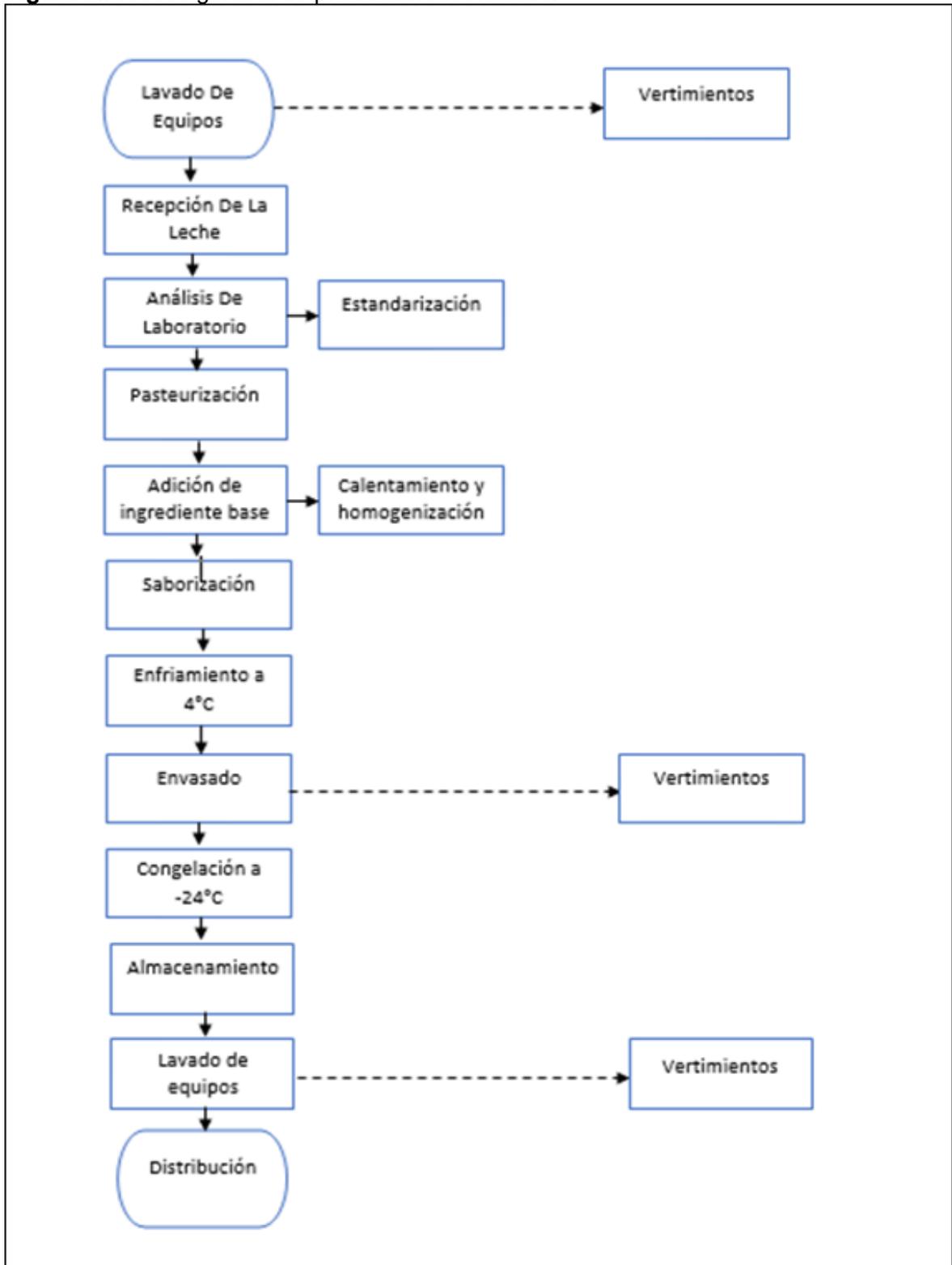
Fuente: LEVELMA S.A.S.

Figura 7. Proceso general de producción de mantequilla y crema de leche.



Fuente: LEVELMA S.A.S.

Figura 8.Proceso general de producción de helados.



Fuente: LEVELMA S.A.

3. DIAGNÓSTICO ACTUAL DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LÁCTEOS LEVELMA S.A.S

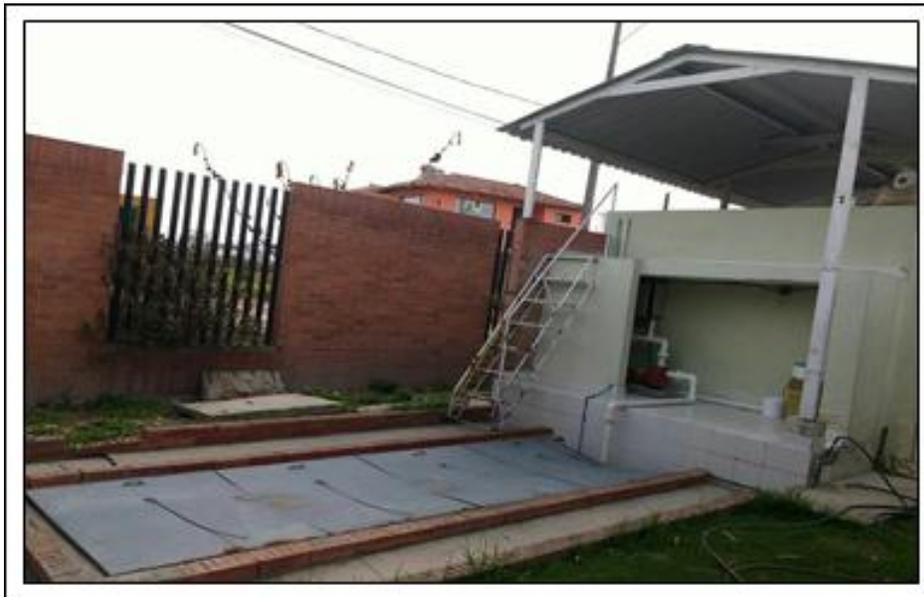
Lácteos Levelma S.A.S cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en la planta de producción del municipio de Cajicá, que presenta problemas en su funcionamiento. El presente capítulo describe el funcionamiento actual del sistema de tratamiento de aguas residuales y el uso del agua dentro de la empresa.

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LÁCTEOS LEVELMA

La Planta de Tratamiento de aguas residuales se encuentra ubicada en el costado izquierdo de la planta de producción Levelma, detrás del punto de venta de la empresa, con un área total de 137m² (**Ver Anexo B**).

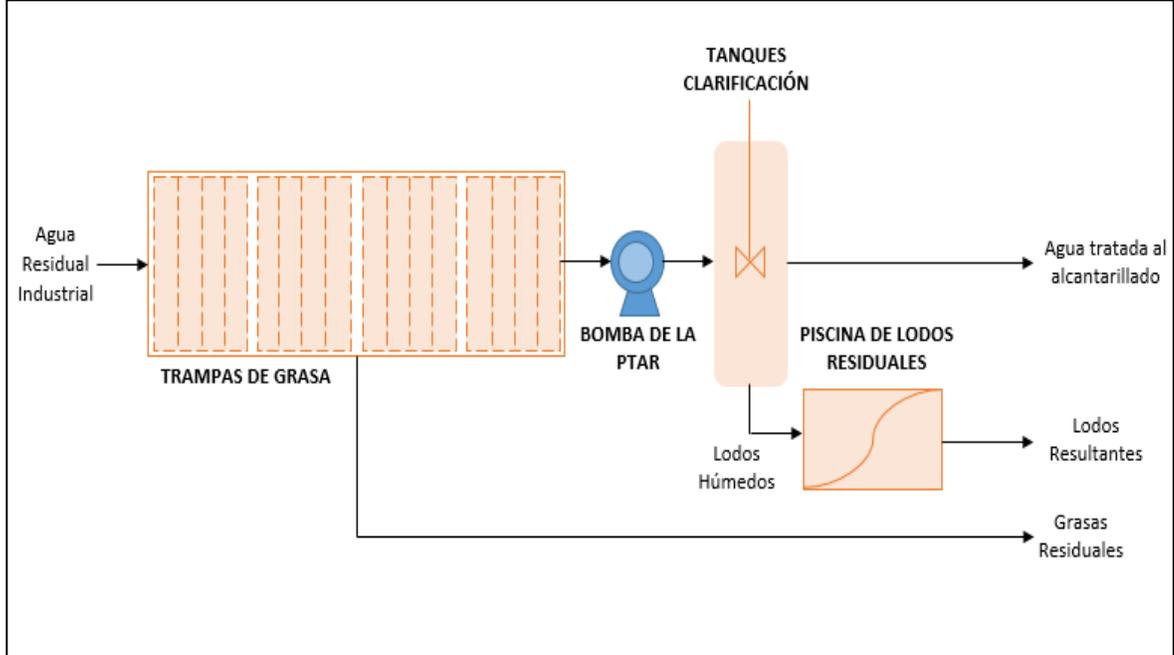
La **Figura 9** muestra la parte frontal de la planta de tratamiento de aguas residuales de Lácteos Levelma, mientras que la **Figura 10** muestra el diagrama de operaciones actuales que se manejan en el tratamiento del agua residual de la empresa.

Figura 9. Planta de tratamiento de aguas residuales de lácteos Levelma.



La planta de tratamiento de aguas residuales cuenta con un pre-tratamiento que incluye trampas de grasa y un tratamiento primario donde se utilizan tanques de floculación y coagulación.

Figura 10. Proceso de la planta de tratamiento de aguas residuales actual.



Al iniciar el día laboral la planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra desocupada. Cuando se inician las labores de producción, se comienzan a llenar de las trampas con el agua proveniente de la planta Levelma y Mantovani, manteniendo un tiempo de retención de cada tanque entre 24 y 30 minutos, dependiendo del caudal del afluente. Al llenarse las 4 trampas, se retiran las grasas flotantes de los tanques y el agua residual se bombea hacia los tanques de clarificación donde es almacenada hasta que los tanques se encuentren llenos (al finalizar el día de producción). Una vez que los tanques están llenos se realiza el tratamiento químico, que implica una neutralización, un proceso de coagulación y floculación. El agua se deja reposar durante 15-20 minutos para que las partículas sólidas sedimenten y se procede a desocupar el tanque de clarificación y retirar los sólidos resultantes del proceso de clarificación hacia la piscina de lodos para que pierdan gran parte de su humedad por evaporación. La operación termina hacia las 4:30 pm, y la planta queda desocupada, para iniciar su proceso nuevamente al día siguiente, por lo que es considerada una operación batch.

3.1.1 Trampa de grasas. Consiste en una sucesión de 4 tanques con capacidad de 0,89 m³ cada uno, con dimensiones de 1,0 m de largo, 1,2 m de ancho y 0,74 m de alto (**Ver Figura 11**). Su función principal es separar las grasas, aceites y otro tipo de material flotante que son más ligeras que el agua, con el fin de adecuar el agua a tratar para procesos posteriores.

Figura 11. Vista superior de las cuatro trampas de grasas.



Como se mencionó anteriormente, el afluente se descarga directamente al primer tanque de la trampa de grasas. Este tanque cuenta con 3 tubos de descarga como se muestra en la **Figura 12**.

- **Tubo naranja.** Recirculación de agua por lavado de la planta de tratamiento.
- **Tubo negro.** Residuos líquidos de la planta de producción limitada Levelma.
- **Tubo amarillo.** Residuos líquidos de la planta de producción limitada Mantovani.
- **Tubo blanco.** Tubo de seguridad para reboses.

Figura 12. Trampa de grasa inicial.



Se observa que la grasa o material orgánico flota en la superficie del tanque, debido a la diferencia de densidad con respecto al agua. El agua con bajo contenido de

grasas se deposita en el fondo del tanque que luego pasa al siguiente, realizando el mismo procedimiento en los tres tanques siguientes.

En esta etapa se observa que el agua proveniente de la empresa ingresa directamente a la primera trampa de grasas, lo que es un problema, debido a que el caudal no es uniforme en el día de producción, por ende, se presentan picos de contaminación, donde la Temperatura y el pH varían (**Ver Anexo C**). Un cambio brusco en la temperatura (por encima de los 25°C) genera la fusión de las grasas.

La grasa que se forma es retirada y desechada, no se realiza ningún tratamiento con esta.

3.1.2 Tanques clarificadores. Son dos tanques de clarificación rectangulares de 18,63 m³ de capacidad cada uno, con dimensiones de 5,4 m de largo, 3,0 m de alto y 1,15 m de ancho; con separación de 25 cm (**Ver Figura 13**). Cada tanque cuenta con un motor marca SIEMENS de 0,5 HP, anclado a un agitador que permite la mezcla de químicos para la etapa de clarificación del agua. En esta etapa, el propósito fundamental es mejorar a separación del material sólido por medio de la adición de químicos que contribuyen a la aglomeración de las partículas.

El problema principal de los tanques de clarificación es su diseño geométrico, debido a que el motor se encuentra en el centro, pero al realizar la agitación, no se forma un perfil lineal y la velocidad de agitación no contribuye a una buena mezcla, puesto que en las partes cerca al motor existirá una velocidad máxima y en las esquinas o paredes alejadas de este no existirá velocidad de agitación.

La dosificación de los compuestos químicos se realiza en el tanque principal, adicionando siempre la misma cantidad al agua residual que se vaya a tratar, sin variar las dosificaciones. La **Tabla 3** muestra los químicos utilizados por la empresa Lácteos Levelma en los tanques de clarificación.

Tabla 3. Compuestos químicos utilizados en la etapa de sedimentación.

Compuesto Químico	Dosificación por tratamiento (kg)
Sulfato de Aluminio	25
Cal	15
Polímero	0,02

- **Sulfato de aluminio.** Es una sal utilizada como coagulante. Este compuesto aumenta el conteo de sulfatos a la salida de la PTAR. Se adiciona de forma manual, en su presentación sólida.
- **Cal.** Es un compuesto químico utilizado en la planta de tratamiento de Lácteos Levelma con el fin de neutralizar el pH del agua a tratar dentro de los tanques de coagulación y floculación, para llevarla desde un pH ácido hasta un rango

entre 8-9 unidades. Este compuesto eleva el número de sólidos en suspensión a la salida de la PTAR. Dentro del proceso de neutralización se agrega de forma manual en su fase sólida.

- **Polímero.** Según la información presentada por la empresa, dentro de los tanques también se maneja un tipo de floculante que es un polímero, sin embargo, la empresa no tiene conocimiento sobre qué tipo de floculante es, debido a que el polímero se encuentra empacado en otra bolsa, y debido al cambio de administración, no se cuenta con información contable sobre el origen del producto. Este compuesto también se agrega de forma sólida.

Figura 13. Tanques de clarificación.



3.1.3 Piscina de lodos. Es un espacio abierto con capacidad de 6,91 m³ y dimensiones de 2,66 m de ancho, 8,66 m de largo y 0,3 m de alto (**Figura 14**), en donde se almacenan los lodos finales que salen del tanque de clarificación.

Figura 14. Piscina de lodos/grasas.



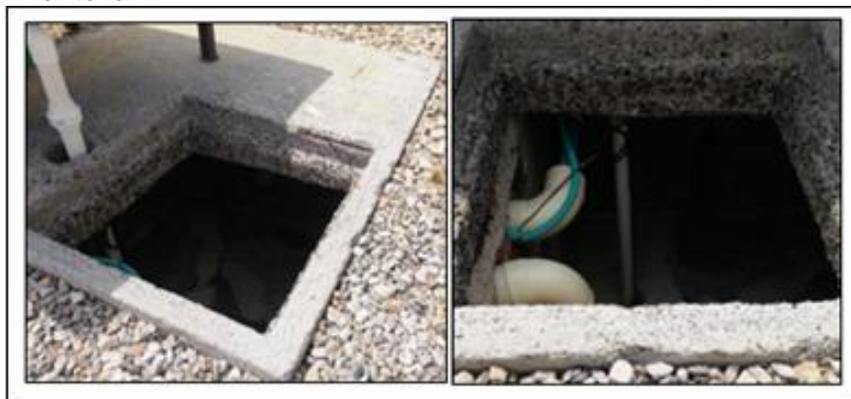
3.1.4 Bomba PTAR. La planta de tratamiento cuenta con una bomba marca WEG con una potencia de 3,0 HP. Está ubicada después de la trampa de grasas y antes del tanque de sedimentación. La función de esta bomba es trasportar el agua que sale de la última trampa de grasas hacia el tanque de sedimentación que se encuentra a una altura mayor. La **Figura 15** presenta la bomba conectada de las trampas de grasa a los tanques de floculación y coagulación.

Figura 15. Bomba conectada de las trampas de grasas a los tanques de floculación y coagulación.



3.1.5 Tanque de almacenamiento de agua de la planta Mantovani. La empresa cuenta con un tanque con capacidad de 2,83m³ y dimensiones de 1,45m de ancho, 1,45m de largo y 1,35m, en donde se almacena el agua que proviene de la línea de producción de Mantovani, como se muestra en la **Figura 16**. Este tanque se construyó, debido a que, la planta de tratamiento de agua se encuentra en una altura terrenal superior a la de la planta Mantovani, lo que ocasiona que el agua residual no fluya por gravedad, sino que requiera un punto de almacenamiento para ser transportada posteriormente.

Figura 16. Tanque almacenamiento de agua de la planta Mantovani.



3.1.6 Bomba planta Mantovani. El tanque de almacenamiento de agua residual ubicado en la planta Mantovani cuenta con una bomba marca Siemens con una potencia de 3 HP (**Figura 17**). La función de esta bomba es transportar el agua residual desde el tanque de almacenamiento hasta la planta de tratamiento de agua residual.

Figura 17. Bomba planta Mantovani.



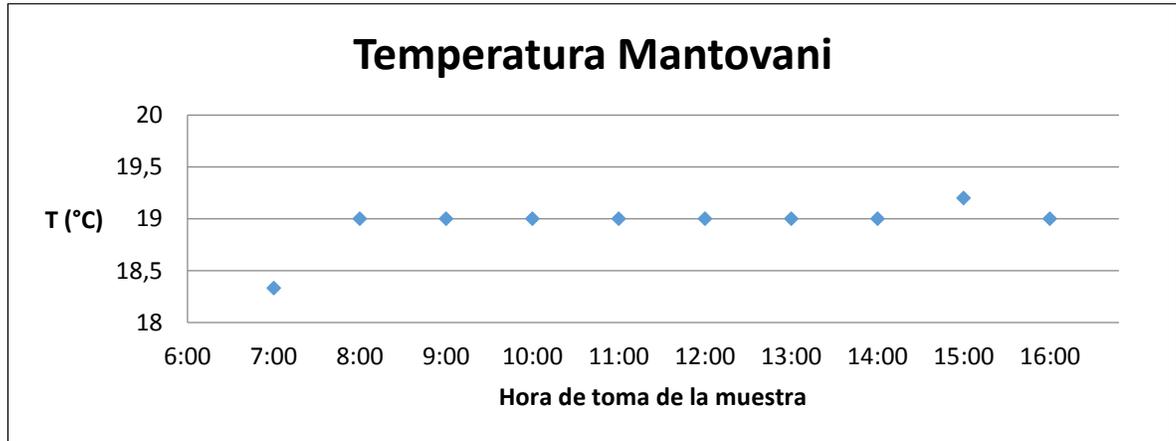
3.2 COMPORTAMIENTO DE LA TEMPERATURA, CAUDAL Y EL PH PROMEDIO

Para analizar el cambio de la temperatura, caudal y el pH en la planta de tratamiento de aguas residuales de lácteos Levelma, se toma el caudal durante una semana de producción de 7am a 4pm midiendo los parámetros cada hora para los tubos provenientes de las plantas Levelma y Mantovani, recogiendo el agua en un beaker plástico (**Anexo C**).

3.2.1 Temperatura. La temperatura se mide mediante un termómetro de mercurio, introduciéndolo en el agua recién recolectada de los tubos de salida.

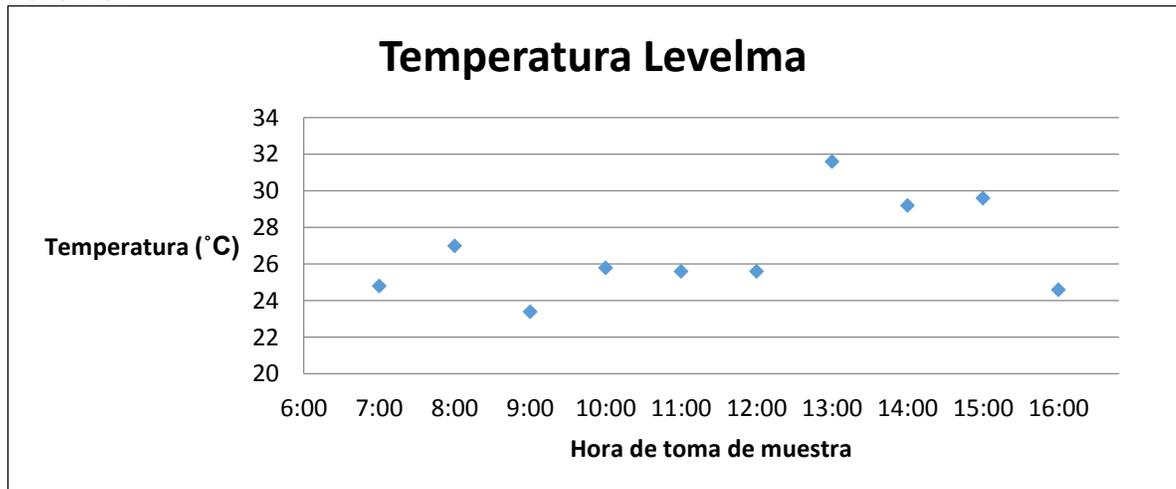
Las **Gráficas 1 y 2** muestran el comportamiento semanal promedio de la temperatura de salida del agua proveniente de las plantas Mantovani y Levelma.

Gráfica 1. Promedio semanal por horas de la temperatura registrada a la salida de Mantovani.



Como se observa, la **Gráfica 1**, muestra un comportamiento estable en la temperatura de la planta Mantovani, alcanzándose un mínimo de 18,3 °C en las horas de la mañana y un máximo de 19,2 °C en las horas de la tarde.

Gráfica 2. Promedio semanal por horas de la temperatura registrada a la salida de Levelma.

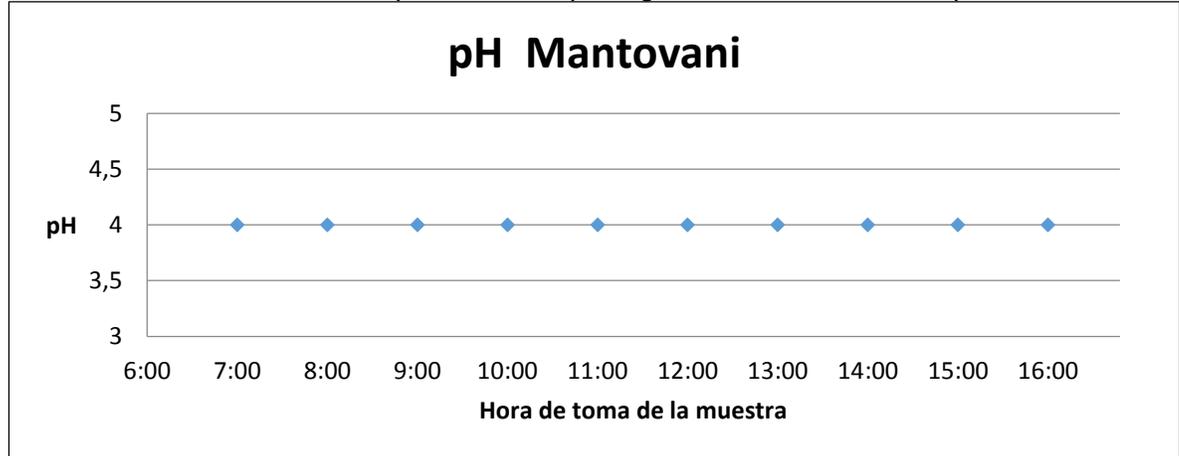


La temperatura de la planta Levelma es variable en comparación con la planta Mantovani. El comportamiento se puede ver en la **Gráfica 2**, donde el punto más bajo de temperatura se da hacia las 9 de la mañana, con un valor de 23,4°C y el punto más alto se presenta hacia el mediodía con un valor de 31,6°C.

3.2.2 pH. El pH se mide por medio de cintas indicadoras, introduciéndolas en el agua que salía de los tubos y dejándolas secar por unos segundos para determinar el color al cual se aproxima.

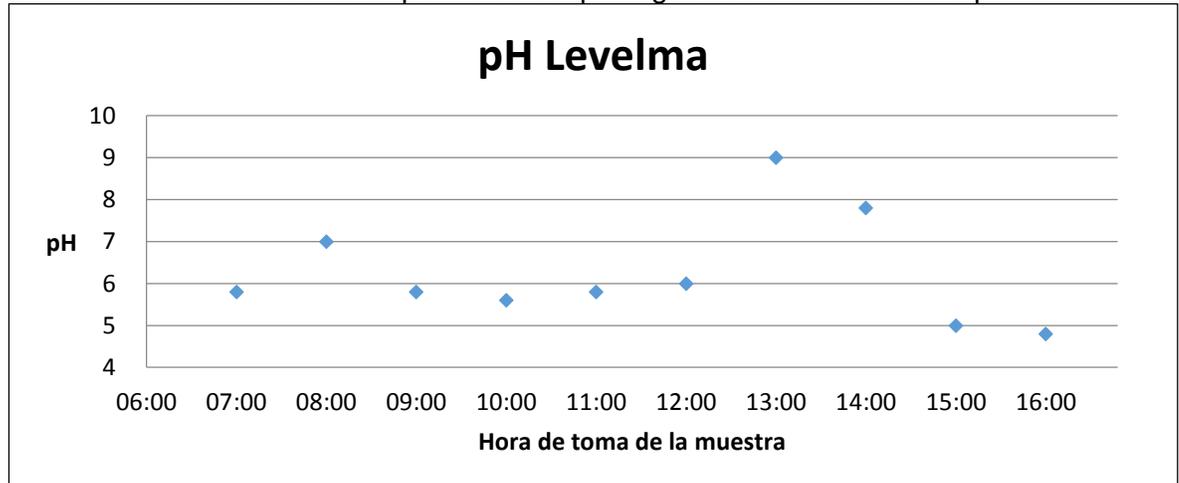
Las **Gráficas 3 y 4** muestran el comportamiento semanal promedio del pH medido al agua de salida proveniente de las plantas Mantovani y Levelma.

Grafica 3. Promedio semanal por horas del pH registrado a la salida de la planta Mantovani.



El pH de la planta Mantovani permanece estable a 4 unidades durante todo el día, como lo muestra la **Gráfica 3**.

Grafica 4. Promedio semanal por horas del pH registrado a la salida de la planta Levelma.

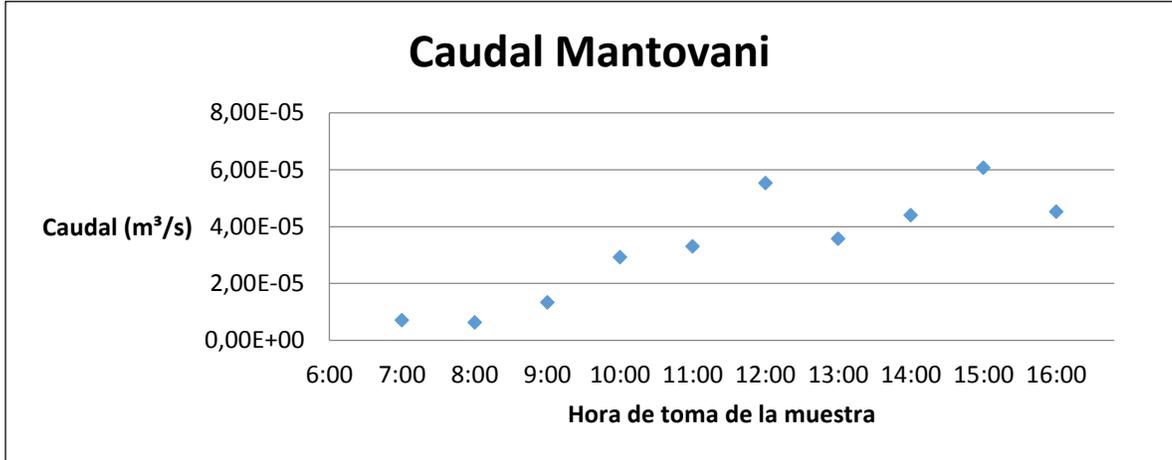


La **Grafica 4** muestra el comportamiento variable del pH del agua de la planta Levelma, donde el mínimo encontrado se da al final del día con un valor de 4,8 unidades, y el máximo valor se presenta hacia el mediodía con un valor de 9 unidades.

3.2.3. Caudal. Para calcular el caudal se utiliza un recipiente aforado a 1L (0,001 m³), en donde se deja caer el agua de la salida de los tubos negro proveniente de Levelma y amarillo proveniente de Mantovani (**Figura 12**).

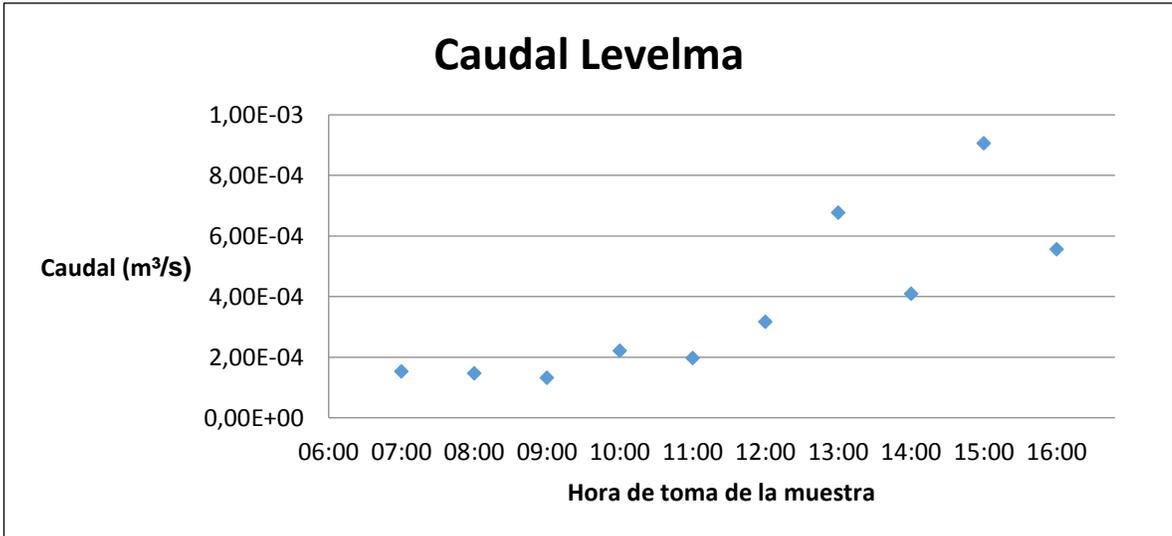
Las **Gráficas 5 y 6** muestran el comportamiento semanal promedio del caudal medido a la salida de las plantas Mantovani y Levelma.

Grafica 5. Promedio semanal por horas del caudal registrado a la salida de la planta Mantovani.



Como se aprecia en la **Grafica 5**, el caudal de agua de la Planta Mantovani aumenta después del mediodía, tomando como referencia un valor mínimo de $6,22 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ hacia las 8 de la mañana y un valor máximo registrado de $6,06 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ hacia las 3pm.

Grafica 6. Promedio semanal por horas del caudal registrado a la salida de la planta Levelma.



En comparación, el caudal de Levelma es más grande que el caudal de agua de la planta Mantovani. La **Grafica 6** muestra un comportamiento de la planta Levelma similar al de Mantovani, debido al incremento del caudal hacia las horas de la tarde.

El punto mínimo de caudal se sitúa hacia las 9 de la mañana, con un valor de $1,32 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$, y el valor máximo alcanzado es de $9,06 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$.

3.2.4. Relación en el comportamiento de la temperatura, caudal y pH. Teniendo en cuenta los datos anteriores de temperatura, pH y caudal, se procede a realizar un análisis del comportamiento de los parámetros para cada una de las plantas de producción.

- Con respecto a la planta de producción Mantovani, los valores de temperatura y pH no presentan una variación notoria durante el día de producción, esto se debe al tanque de almacenamiento que sirve como amortiguador de cargas, en el cual se estabilizan estos parámetros. El caudal presenta una variación baja gracias a la bomba presente dentro del tanque de almacenamiento donde el fluido asciende de manera lenta.
- La planta Levelma presenta un comportamiento variable, debido a que en esta planta se trabaja producción bajo pedido, por ende, los cambios bruscos en las propiedades se dan por el cambio de un producto a otro y los lavados de equipos que esto implica. Basados en los datos tomados de pH, temperatura y caudal, se puede observar como la planta Levelma en las horas de la mañana durante los periodos de producción genera un comportamiento más estable donde la variación de estos parámetros es pequeña en comparación a las fluctuaciones que empiezan a ocurrir después del mediodía, cuando se culminan algunos procesos de producción y se empiezan a llevar a cabo las operaciones de limpieza. Estas operaciones ocasionan un incremento de caudal que a su vez aumenta la temperatura y el pH. Este aumento se debe a los lavados con soda y agua caliente en las horas de la tarde. Culminando las horas laborales se ve una disminución drástica en el pH, debido al lavado final con ácido nítrico. Al finalizar el día de producción el caudal desciende hasta que los lavados finalizan y se deja de recibir agua en la PTAR desde la planta Levelma.

3.3 BALANCE HÍDRICO

La empresa lácteos Levelma genera dos tipos de agua residual; la doméstica y la industrial. El balance hídrico, se realiza con el fin de encontrar una aproximación al agua utilizada por la empresa, y para observar las proporciones en que se distribuye el agua suministrada por la empresa de servicios públicos de Cajicá, adoptando un cálculo con los valores máximos alcanzados en un tiempo determinado.

3.3.1 Agua de consumo requerida por la empresa. Para el cálculo del consumo de agua requerida por la empresa Levelma, se revisaron los recibos del agua de un año de producción. El ente encargado del suministro de agua a Lácteos Levelma es la Empresa de acueducto y alcantarillado de Cajicá. La **Tabla 4** presenta el consumo de agua entre finales del año 2014 y 2015.

Tabla 4. Consumo promedio de agua entre finales del año 2014 y 2015.

Período	Mes	Año	Consumo (m ³ /2mes)	
			Mantovani	Levelma
1	NOV-DIC	2014	70	1.013
2	ENE-FEB	2015	80	1.064
3	MAR-ABR	2015	74	826
4	MAY-JUN	2015	75	1.023
5	JUL-AGO	2015	80	242
6	SEP-OCT	2015	80	1.046

Fuente: EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE CAJICÁ.

La anterior muestra el consumo de agua de la empresa durante 1 año. Para El cálculo del agua promedio utilizada por la empresa se toman los valores más altos obtenidos dentro del año analizado. Se debe tener en cuenta que este cálculo se hace para obtener un máximo de agua requerida para los procesos de la empresa.

El total de agua consumida por la empresa en un día de producción de muestra a partir de la **Ecuación 3**.

Ecuación 3. Cálculo del caudal de las plantas de producción.

$$Q = Q_S * F_{Ct}$$

Dónde:

Q=Caudal de la planta de producción.

Q_S=Caudal suministrado por EPC.

F_{Ct}=Factor de conversión en tiempo.

- **Planta Levelma.** La planta Levelma, presenta un máximo consumido de 1.064m³/2mes para los meses de enero y febrero de 2015, por ende, se toma este valor para realizar el cálculo del agua requerida.

$$Q_L = 1.064 \frac{m^3}{2mes} * \frac{2mes}{51días}$$

$$Q_L = 20,86 \frac{m^3}{día}$$

- **Planta Mantovani.** La planta Mantovani, presenta un máximo consumido de 80m³/2mes para los meses de enero -febrero, julio-agosto y septiembre-octubre de 2015, por ende, se toma este valor para realizar el cálculo del agua requerida, como se observa.

$$Q_M = 80 \frac{m^3}{2mes} * \frac{2mes}{51 días}$$

$$Q_M = 1,57 \frac{m^3}{día}$$

La **Ecuación 4** presenta la sumatoria del agua suministrada por la EPC a la empresa de lácteos Levelma.

Ecuación 4. Sumatoria del agua suministrada por la EPC a la empresa de lácteos Levelma.

$$Q_C = Q_L + Q_M$$

Dónde:

Q_C = Sumatoria del agua suministrada por la EPC.

Q_L = Caudal de agua de la planta Levelma.

Q_M = caudal de agua de la planta Mantovani.

Reemplazando en la **Ecuación 4**, se tiene que el agua suministrada por la EPC a las dos plantas de producción de lácteos Levelma es:

$$Q_C = 20,86 \frac{m^3}{día} + 1,57 \frac{m^3}{día}$$

$$Q_C = 22,43 \frac{m^3}{día}$$

Adicional a lo anterior, la empresa cuenta con 2 tanques de agua potable de 4.000L cada uno y un tanque de almacenamiento de aguas lluvias de 3.000L que se utiliza para el lavado externo de vehículos que transportan leche y para el lavado de la PTAR.

3.3.2 Agua Residual Generada Por La Empresa. La empresa presenta dentro de sus instalaciones 2 líneas de fluidos que son tratados de manera diferente. El agua residual se distribuye de la siguiente manera:

- **Agua residual industrial.** Este tipo de agua residual es la que se genera por el lavado de equipos dentro de las plantas Levelma y Mantovani. Esta agua es transportada mediante tuberías hacia el sistema de tratamiento de aguas residuales con la ayuda de rejillas ubicadas en el suelo de cada instalación. El suero es recolectado por tuberías que llegan a tanques especiales y luego es

tratado por terceros como materia prima en otros procesos, por lo que no se trata en la PTAR.

El agua que se trata en la PTAR es solo el agua residual industrial de lavado de equipos. El cálculo de la cantidad de agua residual que sale de la planta de tratamiento se realiza mediante la toma de caudal presentada con anterioridad y la **Ecuación 5**.

Ecuación 5. Cálculo del agua de lavado de equipos.

$$Q_a = Q_{PL} + Q_{PM}$$

Dónde:

Q_a = Agua de lavado de equipos (Agua que entra a la PTAR).

Q_{PL} =Agua promedio que proviene de la planta Levelma.

Q_{PM} = Agua promedio que proviene de la planta Mantovani.

El total del agua utilizada en lavado de equipos que entra a la planta de tratamiento de aguas residuales se calcula teniendo en cuenta las mediciones de caudal promedio por hora realizadas para las plantas Levelma y Mantovani (**Gráficas 5 y 6**), obteniéndose para Levelma un valor de $3,72e^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ y para Mantovani un valor de $3,30e^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$. Posterior a esto se calculó el caudal diario, tomando como referencia las 10 horas laborales de la empresa.

$$Q_{PL} = 3,72e^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \frac{3.600 \text{ s}}{1\text{h}} * \frac{10 \text{ h}}{1 \text{ día}}$$

$$Q_{PL} = 13,39 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$Q_{PM} = 3,30e^{-5} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * \frac{3.600 \text{ s}}{1\text{h}} * \frac{10 \text{ h}}{1 \text{ día}}$$

$$Q_{PM} = 1,19 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Por ende, el agua residual de lavado de equipos es:

$$Q_a = 13,39 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} + 1,19 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

$$Q_a = 14,58 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

- **Agua residual doméstica.** El agua residual doméstica es aquella que se genera por el uso de sanitarios, orinales, lavaplatos, lavamanos, entre otros, y que no tienen relación con el agua generada por algún tipo de proceso en la industria. En la empresa, esta agua es transportada directamente desde el punto de descarga hasta el alcantarillado mediante tuberías, por lo que no se le realiza ningún tratamiento.

La cantidad de agua que se destina a fines domésticos depende de varios factores dentro de la empresa dentro de los cuales encontramos la cantidad de trabajadores de la empresa, número de baños, lavaplatos, entre otros, y la jornada laboral.

Debido a que no se tiene un control de la cantidad de veces que un trabajador hace uso doméstico del agua, se tomará como referencia 80L/día por trabajador¹¹. La **Ecuación 6** presenta el cálculo del agua residual doméstica.

Ecuación 6. Cálculo del agua residual doméstica.

$$Q_d = C_T * N * F_{Ct}$$

Dónde:

Q_d = Agua residual doméstica.

C_T = Consumo promedio por trabajador.

N = Número de trabajadores en la empresa.

F_{Ct} = Factor de conversión en tiempo.

Reemplazando en la **Ecuación 6**, se tiene:

$$Q_d = 80 \frac{L}{Trabajador \text{ día}} * 26 \text{ Trabajadores}$$

$$Q_d = 2.080 \frac{L}{día} * \frac{1 m^3}{1000L}$$

$$Q_d = 2,08 \frac{m^3}{día}$$

3.3.3 Lavado de equipos, superficies y otros objetos. El lavado de equipos y superficies genera el agua residual industrial que es dirigida a la planta de tratamiento. Este lavado se realiza para mantener condiciones de salubridad dentro de las plantas de procesamiento de alimentos.

¹¹ PÉREZ CARMONA, Rafael. Instalaciones hidrosanitarias y de gas para edificaciones. Sexta edición. 2012. p. 8.

Lácteos Levelma no presenta un control en el consumo de agua para el lavado general de equipos, superficies y otros objetos porque realiza este proceso de manera manual.

- Los lavados de equipos no son iguales en todos los equipos, algunos utilizan agua, jabón Econochlor al 2,5% (v/v) a base de cloro y dos tipos de desinfectante: Saniclin al 2,0% (v/v) a base de cloraminas inorgánicas y Quatersan al 1,0% (v/v) a base de cloruro de amonio; mientras que otras máquinas utilizan diluciones de soda caustica y ácido nítrico en agua al 1,0% (**Ver Anexo A**).
- Por otro lado, los lavados de superficies y pisos se realizan con agua y jabón en polvo marca DERSA.
- El lavado a los vehículos que transportan la leche se realiza de dos formas. En el lavado externo se utiliza el agua lluvia que se recoge en los tanques de almacenamiento, mientras que el lavado interno de los tanques que contienen la leche se realiza con agua potable.

El **Cuadro 1** muestra los equipos utilizados en los procesos de producción de las distintas líneas que maneja la empresa y los componentes utilizados para su lavado.

Cuadro 1. Componentes utilizados en el lavado de equipos.

Equipo	Soda caústica	Ácido nítrico	Jabón Econochlor	Desinf .	Agua	Jabón en polvo
Batidora			X	X	X	
Descremadora	X	X	X	X	X	
Tajadora			X	X	X	
Pasteurizador	X	X	X	X	X	
Tinas			X	X	X	
Marmitas			X	X	X	
Mantecadora			X	X	X	
Máquina de Mozzarella			X	X	X	
Tanques de almacenamiento			X	X	X	
Silos	X	X	X	X	X	
Superficies					X	X
Cantinas				X	X	X

3.3.4 Balance general de agua. Teniendo en cuenta la ley de conservación de la materia, se obtiene la **Ecuación 7** para el balance de agua presente en la empresa lácteos Levelma.

Ecuación 7. Balance general de agua.

$$\sum \text{Entra} = \sum \text{Sale}$$

Por lo tanto, las entradas y salidas evaluadas en la empresa son:

$$Q_c = Q_d + Q_a + Q_{og} + Q_{lv}$$

Dónde:

Q_c = Sumatoria del agua suministrada por la EPC.

Q_d = Agua doméstica residual.

Q_a =Agua lavado equipos. (Agua que entra a la PTAR)

Q_{og} = Agua para otros gastos.

Q_{lv} = Agua lavado vehículos.

La **Tabla 5** muestra los datos correspondientes, para el análisis del Balance General de Agua.

Tabla 5. Datos obtenidos para el cálculo del balance hídrico.

Unidades	Q_c	Q_d	Q_a	Q_{lv}
$m^3/\text{día}$	22,43	2,08	14,58	4,0

Reemplazando en la **Ecuación 7** los datos obtenidos en los numerales anteriores sobre el consumo de agua de la empresa, se obtiene:

$$22,43 \text{ m}^3 = 2,08 \text{ m}^3 + 14,58 \text{ m}^3 + Q_{og} + 4 \text{ m}^3$$

$$Q_{og} = 22,43 \text{ m}^3 - 2,08 \text{ m}^3 - 14,58 \text{ m}^3 - 4 \text{ m}^3$$

$$Q_{og} = 1,77 \text{ m}^3$$

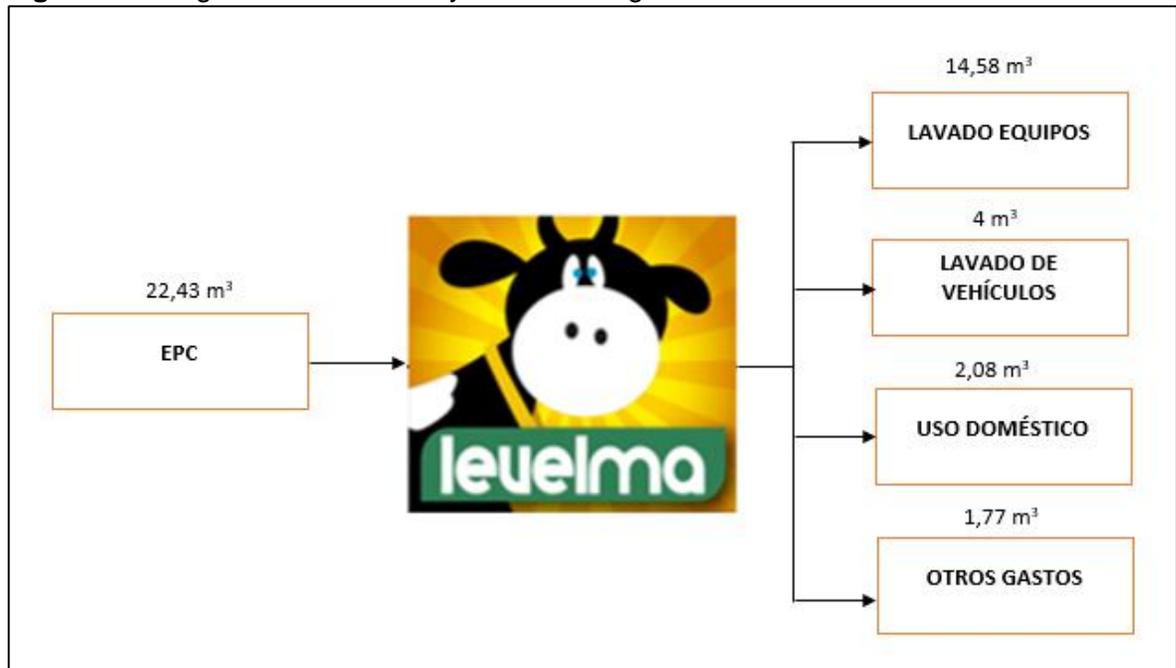
Con lo anterior se tiene que el agua utilizada en otros gastos como lo son el uso en jardinería, posibles derrames, pérdidas por evaporación u otros no especificados, es de $1,77 \text{ m}^3/\text{día}$. La **Figura 18** presenta el diagrama de entradas y salidas de agua en lácteos Levelma.

En términos generales, las proporciones de agua aproximadas en las que se distribuye el recurso entregado por la EPC son 65% para lavado de equipos, 17,8%

para lavado interno de vehículos, 9,27% para uso doméstico y 7,89% para otros gastos.

Se debe tener en cuenta que el cálculo se desarrolló para un valor máximo encontrado de agua suministrada, por lo que estas proporciones pueden variar para un periodo de tiempo determinado.

Figura 18. Diagrama de entradas y salidas de agua en lácteos Levelma.



3.4 ANÁLISIS DEL CUMPLIMIENTO CON LA NORMATIVIDAD VIGENTE

El agua residual de lácteos Levelma pasa por un proceso de tratamiento, sin embargo, dentro de las etapas, se encontraron errores en el funcionamiento, por lo que esta agua no está recibiendo un tratamiento adecuado y las cargas contaminantes pueden estar afectando el efluente y por ende la resolución vigente.

3.4.1 Caracterización del agua residual mediante pruebas presentadas por ANTEK S.A. La empresa ANTEK S.A. realizó un muestreo puntual y posterior análisis del agua residual de la planta de tratamiento de aguas residuales de LEVELMA S.A.S.

El muestreo fue realizado el 18 de junio de 2015 y el análisis se hizo entre el 17 de junio de 2015 y el 26 de junio del mismo año; en donde se examinaron los distintos parámetros comparándolos con la normatividad vigente a la fecha (Decreto 1538 de 1984).

Las muestras se tomaron en dos puntos de la PTAR. El primero corresponde a la entrada del agua residual proveniente de las plantas de producción Levelma y Mantovani y a la cual no se le ha realizado ningún tratamiento, y el segundo corresponde a la salida de la PTAR donde el agua residual ya ha sido sometida a procesos de tratamiento y es vertida al alcantarillado.

Los datos obtenidos por la empresa ANTEK S.A. se muestran en la **Tabla 6**.

Al revisar los datos presentados por ANTEK, se procedió a realizar la revisión del cumplimiento de la normatividad vigente, comparando los parámetros del análisis fisicoquímico con los valores máximos que expresaba la resolución 0631 de 2015. La comparación de los datos se muestra en la **Tabla 7**.

Tabla 6. Datos obtenidos del análisis de aguas de la empresa lácteos Levelma 2015.

Parámetro	Unidades	Entrada PTAR	Salida PTAR
		Antek 75221	Antek 75222
Hora	H	10:00	10:11
Temperatura muestra	°C	22,8	18,2
pH	Unidades	7,16	5,01
Caudal	L/s	0,369	2,85
Sulfatos	mg/L SO ₄₋₂	<5	420
Cloruros	mg/L Cl-	34,7	559
Fenoles totales	mg/L	<0,100	<0,100
Sólidos suspendidos totales	mg/L	920	740
Sólidos sedimentables	mL/L-h	0,4	3,5
DBO ₅	mg/L O ₂	3.100	2.260
DQO	mg/L O ₂	5.060	3.760
Grasas y aceites	mg/L	619	8,8

Fuente: ANTEK S.A

Se debe tener en cuenta que el análisis de ANTEK S.A es un análisis puntual, por lo que los datos mostrados sirven como un punto de partida para saber que parámetros son los que pueden estar incumpliendo la normatividad vigente, sin embargo, se adoptaran medidas de diseño para lograr un cumplimiento de todos los parámetros del agua residual.

Tabla 7. Comparación de los datos de salida de la PTAR con la normatividad vigente.

Parámetro	Unidades	Salida PTAR	Resolución 0631 de 2015	Nivel de cumplimiento
Temperatura	°C	18,2	Máx. 40	Cumple
pH	Unidades	5,01	6 a 9	No Cumple
Sulfatos	mg/L	420	500	Cumple
Cloruros	mg/L	559	500	No Cumple
Fenoles totales	mg/L	<0,100	N.E	N.E
Sólidos suspendidos totales	mg/L	740	150	No Cumple
Sólidos sedimentables	mL/L	3,5	2	No Cumple
DBO ₅	mg/L O ₂	2.260	250	No Cumple
DQO	mg/L O ₂	3.760	450	No Cumple
Grasas y aceites	mg/L	8,8	20	Cumple
Tensoactivos	mg/L	<0,15	N.E	N.E

*N.E. No especificado en la resolución.

3.4.2 Análisis de parámetros críticos a la salida de la PTAR. Debido a que el agua residual de la empresa no está cumpliendo 100% con la normatividad en el vertimiento.

En el análisis presentado por ANTEK, algunos parámetros se incrementan a la salida de la PTAR debido al tratamiento realizado.

Los sulfatos no sobrepasan la resolución vigente, sin embargo, su valor a la salida es más alto que a la entrada, a causa del coagulante (sulfato de aluminio) empleado.

El caudal se incrementa a la salida, debido a la operación batch, donde al final del tratamiento se desocupa completamente la PTAR.

- **pH.** Este parámetro está por fuera de los rangos que exige la resolución y representa un problema grave, debido a que, se encuentra muy ácido, lo que contribuye a la multiplicación de microorganismos acidófilos que contaminan el agua. También este parámetro inhibe la actividad de algunos de los floculantes y coagulantes utilizados en los tanques de floculación.
- **Cloruros.** Basados en la resolución 0631, se tiene un nivel máximo de cloruros es 500mg/L por lo que el valor a la salida presentado por la empresa ANTEK sobrepasa este límite. El aumento de este parámetro se da por el uso del jabón Econochlor y los desinfectantes Saniclin y Quatersan, que promueven la

formación de los cloruros en el agua y por ende se incrementa el parámetro en la medición.

- **Sólidos suspendidos totales.** Según la resolución 0631 de 2015, el valor máximo permitido para este tipo de sólidos es de 150 mg/L, por lo que el parámetro está incumpliendo la normatividad pues sobrepasa en 5 veces el máximo. Teniendo en cuenta los datos obtenidos por la empresa ANTEK Ltda., este parámetro a la salida de la PTAR sobrepasa el valor permitido. En la industria láctea este parámetro es alto debido a la carga orgánica con la que el agua sale de los procesos.
- **Sólidos sedimentables.** Este otro parámetro tampoco cumple con la normatividad del año 2015. Se toma como un problema debido a que este parámetro está asociado a las sustancias presentes en el agua como vitaminas, proteínas, lípidos que tienden a aglutinarse formando montículos sólidos que se sedimentan luego de un tiempo determinado. La acumulación de estos sólidos genera contaminación en el agua porque la carga orgánica no se ha eliminado por completo luego de realizar el tratamiento en la PTAR.
- **DBO y DQO.** Dentro de las industrias lácteas, los parámetros que más problemas tienen son el DBO y el DQO. Los datos presentados por ANTEK Ltda. a la salida muestran una disminución pequeña con respecto a la entrada de agua desde la planta de producción. El problema más significativo es que se está descargando agua con un grado alto de contaminación. Los valores de 3760 mg/L O₂ (para DQO) y 2260 mg/L O₂ (para DBO) sobrepasan las estipulaciones de la resolución 0631 de 2015.

Como se observó en la **Tabla 7** el agua residual que se descarga al alcantarillado luego del tratamiento no cumple 6 de 9 parámetros dictados por la resolución 0631 de 2015, ocasionando un problema grave de contaminación en el vertimiento hacia el alcantarillado de Cajicá.

3.4.3 Comentarios finales al diagnóstico actual de la planta de tratamiento de agua residual. A través del desarrollo de este capítulo se evidenciaron ciertos factores que afectaban notoriamente el tratamiento del agua en la empresa Lácteos Levelma, lo que se evidencia en el análisis de la Resolución 0631 de 2015, por lo que se concluye que la planta de tratamiento no cumple con las condiciones de descarga de agua residual al alcantarillado.

- El afluente llega directamente a la planta de tratamiento, por lo que no se presenta un caudal uniforme, lo que acarrea un problema a la hora de nivelar el pH y la temperatura. La toma de estas variables se ve afectada no solo por los picos de producción, sino también por los cambios de derivados lácteos a procesar que se presentan durante el día. Al existir este tipo de variaciones se

pueden incrementar los costos del sistema puesto que se aumenta el factor de incertidumbre.

- Los tanques de sedimentación no cumplen una buena función de homogenización de la mezcla al realizar la coagulación y floculación, debido a su forma rectangular y la ubicación del agitador, en consecuencia, a que este no presenta un perfil lineal de mezcla, por lo que el proceso no se realiza de forma homogénea.
- Otro de los problemas que se observan en la PTAR es la falta de operaciones posteriores al pre-tratamiento y al tratamiento primario, sin mencionar la falta de un tanque de homogenización para garantizar unos parámetros que se ajusten a un rango de variabilidad pequeño.
- La empresa no cumple 6 de los 10 parámetros que exige la ley. El caso más significativo es el DBO y DQO, por lo que las cargas contaminantes que llegan al alcantarillado son altas y se genera un impacto ambiental, no solo en la empresa, sino también dentro del municipio de Cajicá.
- Los parámetros como los sólidos suspendidos totales y sólidos sedimentables generan una alta contaminación. El diagnóstico final sobre este proceso radica en una falla en el sistema de coagulación y floculación posterior a las trampas de grasas.
- Por último, la ausencia de conocimiento en las dosificaciones, los tiempos en que se deben agregar los compuestos involucrados en el tratamiento químico (tanques de sedimentación) y los rangos de pH donde trabajan los coagulantes y floculantes afectan el tratamiento, lo que se ve reflejado en el análisis entregado por la empresa ANTEK, puesto que estos factores.

Se debe denotar el interés de la empresa por mejorar las condiciones de operación y cumplir con la normatividad vigente al permitir la realización de este proyecto.

4. PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LÁCTEOS LEVELMA

El presente capítulo describe las alternativas de mejora que se pueden aplicar en la planta de tratamiento de aguas residuales de Lácteos Levelma. Con el objetivo de buscar un tratamiento más adecuado del efluente se diseñan diferentes soluciones para atacar los factores que afectan el rendimiento de la PTAR y que se analizaron en el capítulo anterior.

4.1 PARÁMETROS A TENER EN CUENTA PARA EL PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS DE MEJORA

Los factores que no cumplen la normatividad vigente y por ende afectan el funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales son:

- DBO y DQO.
- pH ácido y variable.
- Sólidos sedimentables.
- Sólidos suspendidos totales.
- Cloruros.

La DBO y DQO altas se generan por presencia de materia orgánica que contiene la leche y los agentes de limpieza, proveniente del lavado de los equipos y de la proliferación de bacterias en el medio al que se encuentran sometidos.

El pH variable a la entrada de la PTAR se debe al uso de compuestos químicos como el ácido nítrico y la soda caustica dentro del proceso de lavado de equipos. Esta variación afecta el tratamiento químico que se realiza en los tanques de sedimentación dado que los compuestos utilizados para esta operación trabajan rangos de pH determinados. El pH ácido a la salida se debe a un mal proceso de neutralización a causa de que el coagulante empleado acidifica el agua tratada.

Los sólidos sedimentables y los sólidos suspendidos totales son un gran problema en el agua, puesto que aumentan la turbidez. Estos factores se deben al uso de cal en polvo para neutralizar el pH.

Los cloruros se generan por los lavados de los equipos, donde se utilizan ácidos fuertes y jabón a base de cloro, que al entrar en contacto con el agua generan presencia de estas sales.

Otro factor importante a considerar es el tiempo de retención en cada etapa del tratamiento que depende del diseño de cada una y del tiempo que el operario crea

conveniente para dejar el agua en la PTAR, así como el tiempo que se demora el agua en pasar de una etapa otra.

4.2 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Teniendo en cuenta el diagnóstico realizado a la PTAR, en donde ciertas operaciones no se realizan de forma adecuada y los factores mencionados en el numeral anterior, se realiza una búsqueda bibliográfica para plantear posibles alternativas de solución a las fallencias de la PTAR, como se muestra en el **Cuadro 2**.

Cuadro 2. Alternativas de solución para el tratamiento de aguas residuales en Lácteos Levelma.

Contaminante	Tipo de contaminación	Tratamiento
pH (ácido y variable)	Química	<ul style="list-style-type: none"> • Neutralización y Homogenización de caudales
Cloruros	Química	<ul style="list-style-type: none"> • Intercambio Iónico • Osmosis inversa
Sólidos suspendidos	Física	<ul style="list-style-type: none"> • Clarificación • Flotación
Sólidos sedimentables	Física	<ul style="list-style-type: none"> • Cribado • Sedimentación
DBO	Biológica	<ul style="list-style-type: none"> • Lodos activados • Lagunas aireadas • Biodiscos •
DQO	Química	<ul style="list-style-type: none"> • Lodos activados
Microorganismos	Biológica	<ul style="list-style-type: none"> • Ozonación (POA) • Cloración

4.2.1 Neutralización. La neutralización del pH en la planta de tratamiento de aguas residuales es muy importante, puesto que este factor es muy variable a la entrada de las trampas de grasas. Como no se cuenta con un tanque homogeneizador, el pH puede afectar los tratamientos posteriores que se realicen, disminuyendo la eficiencia de la PTAR. El **Cuadro 3** presenta las ventajas y desventajas de la neutralización.

Cuadro 3. Ventajas y desventajas de la neutralización.

Ventajas	Desventajas
Regula el pH. Disminuye la toxicidad de algunos compuestos a medida que el pH tiende a 7. Fácil implementación. Facilita la operación de los floculantes y coagulantes.	Requiere la adición de compuestos externos. Requiere de un control a la hora de dosificar el neutralizante.

4.2.2 Homogenización de caudales. Esta operación es importante debido a que estabiliza los picos de caudal y el pH que se presenta durante un día de producción. Esta alternativa ayuda a eliminar las variaciones del afluente y aumenta la efectividad de los procesos posteriores. El **Cuadro 4** presenta las ventajas y desventajas de la homogenización.

Cuadro 4. Ventajas y desventajas de la homogenización.

Ventajas	Desventajas
Mejora tratabilidad del agua Estabiliza el pH Uniformiza la carga de solidos sobre el sedimentador Mejora el espesamiento de los lodos	Requiere una ampliación del terreno para su implementación. Requiere motor de agitación.

4.2.3 Intercambio iónico. Es un proceso en donde se da un intercambio iónico, con una reacción química reversible, que tiene lugar cuando un ion de una disolución se intercambia por otro de igual signo que se encuentra unido a una resina permitiendo la eliminación de agentes contaminantes en el agua. El **Cuadro 5** muestra las ventajas y desventajas de este tratamiento.

Cuadro 5. Ventajas y desventajas del intercambio iónico.

Ventajas	Desventajas
Equipos versátiles siempre que se trabajen con bajas concentraciones de sal. Las resinas son compactas y económicas. Resinas estables químicamente de larga duración y fácil regeneración.	Automatismo complejo. Presentan una tecnología poco ecológica. Pérdida de tiempo por regeneración.

4.2.4. Osmosis inversa. Es un tratamiento que utiliza una membrana semipermeable para eliminar iones, moléculas y partículas más grandes presentes en el agua residual. El **Cuadro 6** describe las ventajas y desventajas del tratamiento.

Cuadro 6. Ventajas y desventajas del osmosis inversa.

Ventajas	Desventajas
Producción continua. Espacio reducido para implementación. Proceso limpio sin efluentes ácidos o alcalinos.	Las membranas de osmosis inversa con costosas y requieren capacitación para su operación. Reducción del pH del agua. Generación de corrientes de alta concentración de sólidos disueltos.

4.2.5. Cribado. Esta operación se puede implementar en la planta debido a que no requiere de un equipo especial, sino que se utiliza una criba o rejilla, de cualquier material agujerado de manera ordenada, que ayuda a separar el material grueso presente en el agua residual, del líquido. El **Cuadro 7** presenta las ventajas y desventajas del cribado.

Cuadro 7. Ventajas y desventajas del cribado.

Ventajas	Desventajas
Fácil implementación. Económicamente viable. Disminuye la cantidad de sólidos en el agua.	No separa todas partículas sólidas. Necesita un mantenimiento periódico para evitar saturación en la rejilla.

4.2.6 Clarificación. Es una operación implementada en la PTAR de lácteos Levelma, sin embargo, su operación no es muy buena, debido a que no se cuentan con las capacitaciones adecuadas para un buen manejo. El cambio en los floculantes y coagulantes, y la correcta dosificación ayudan a disminuir los factores problemáticos presentes en la PTAR. El **Cuadro 8** presenta las ventajas y desventajas de la sedimentación con químicos.

Cuadro 8. Ventajas y desventajas de la clarificación.

Ventajas	Desventajas
Remoción rápida de los residuos sólidos sedimentables y flotantes. Remoción entre 50 y 70% de sólidos suspendidos y entre 25 y 40% de DBO ₅ ¹² . Costo operativo depende de los químicos utilizados. Fácil implementación.	El desempeño respecto a la remoción de DBO y SST se ve afectada por las corrientes de entrada al tanque y la temperatura de entrada. Su buen funcionamiento depende del pH. Requiere agitación para una mayor eficiencia.

¹² CRITES, Ron y TCHOBANOGLOUS, George. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Mc Graw Hill. 2001. p. 776.

4.2.7 Flotación. La flotación es un método por el cual se inyecta aire en el agua a tratar, lo que permite la asociación de este gas con las partículas presentes en el agua, elevándolas hacia la superficie para un retiro posterior. Esta operación puede ser implementada en la empresa, debido a que la materia en suspensión presente en el agua es alta. Sin embargo, se deben evaluar las condiciones de instalación, por espacios y costos. El **Cuadro 9** presenta las ventajas y desventajas de la flotación.

Cuadro 9. Ventajas y desventajas de la flotación.

Ventajas	Desventajas
Remoción de algas en efluentes de lagunas de estabilización Separa las emulsiones y las partículas sólidas presentes en una fase líquida Facilita la separación de emulsiones y suspensiones.	Requiere equipo especial para su funcionamiento. El equipo adicional supone aumento en los costos instalación y de operación. La reducción de DBO y DQO puede ser baja.

4.2.8 Sedimentación. Es un tratamiento que se utiliza para separar sólidos en suspensión de las aguas residuales, basándose en la diferencia de peso específico de las partículas sólidas y el líquido donde se encuentra.

Cuadro 10. Ventajas y desventajas de la sedimentación.

Ventajas	Desventajas
Remoción de sólidos suspendidos del agua residual. No requiere una gran infraestructura. Es económico debido a que no necesita agentes químicos ni equipos especializados.	Remueve solo partículas pesadas del agua. No remueve sólidos disueltos. Requiere una etapa previa para mejor tratamiento del agua.

4.2.9. Lodos activados. Los métodos biológicos se pueden implementar en la PTAR de lácteos Levelma puesto que la DQO y la DBO₅ son extremadamente altas. El **Cuadro 11** presenta las ventajas y desventajas de los lodos activados.

Cuadro 11. Ventajas y desventajas de los lodos activados.

Ventajas	Desventajas
Disminuye la DBO ₅ y la DQO. Fácil de estabilizar durante arranque y puesta en marcha. Alta reducción de sólidos suspendidos.	Requiere la implementación de equipo especializado. Alto costo de operación. Genera lodos.

Para determinar si el tratamiento se puede realizar dentro de la PTAR, se debe tener en cuenta la relación DQO/DBO como se muestra a continuación.

$$\frac{DQO}{DBO} = \frac{3.760}{2.260} = 1,66$$

Con base a la relación anterior, se afirma que el agua de lácteos Levelma puede ser tratada mediante un proceso biológico y es considerada degradable.

4.2.10 Lagunas de aireación. Es un tratamiento en donde se utilizan balsas que son oxigenadas mediante sistemas de aireación. A diferencia de los lodos activados, este sistema no presenta recirculación de los lodos hacia un reactor. El agua de Levelma se puede tratar por este método biológico porque esta cumple con la relación DQO/DBO requerida como se ve en los lodos activados. El **Cuadro 12** contempla las ventajas y desventajas del proceso.

Cuadro 12. Ventajas y desventajas de la flotación.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación eficiente de DBO, sólidos suspendidos totales y agentes patógenos. • No requiere clarificación previa. • Soporta efluentes discontinuos. 	<p>Generación de lodos secundarios.</p> <p>Requiere mayor espacio que el sistema de lodos activados convencional.</p> <p>Gasto energético por aireación artificial.</p>

4.2.11 Cloración. Este método utiliza cloro para tratar el agua residual, para hacerlas potables o mejorar sus condiciones higiénicas. Este tratamiento se implementa solo en el caso de que el agua tratada se desee reutilizar. El **Cuadro 13** presenta las ventajas y desventajas de la cloración.

Cuadro 13. Ventajas y desventajas de la cloración.

Ventajas	Desventajas
<p>Fácil implementación.</p> <p>Elimina microorganismos y por ende reduce los malos olores.</p> <p>Menores costos en comparación con otros tratamientos.</p>	<p>El cloro residual es toxico a los organismos acuáticos y se puede requerir remoción.</p> <p>Se incrementa el nivel total de sólidos disueltos.</p> <p>Si se ha realizado tratamiento biológico, el cloro puede matar los microorganismos utilizados en el proceso.</p>

4.2.12 Ozonación (POA). Es un proceso de oxidación avanzada de última tecnología, que permite la eliminación de agentes patógenos presentes en el agua residual. El **Cuadro 14** muestra las ventajas y desventajas de la Ozonación.

Cuadro 14. Ventajas y desventajas de la Ozonación.

Ventajas	Desventajas
Permite eliminar bacterias patógenas y virus que el cloro no puede. No aumenta el contenido de sales inorgánicas o sustancias tóxicas en el agua. Elimina olores y sabores del agua.	El ozono tiene una vida activa de aproximadamente 25 minutos. Es un tratamiento costoso por utilizar ozono. Puede producir efectos corrosivos en los equipos utilizados para tratar el agua.

4.3 ALTERNATIVAS DE MEJORA

Teniendo en cuenta las operaciones mencionadas con anterioridad y de acuerdo al espacio e infraestructura de la PTAR de lácteos Levelma, se analizan distintos tratamientos combinando las alternativas de mejora, que pueden ayudar a mejorar los parámetros que no cumplen con la normatividad vigente.

- **Alternativa 1.** En primer lugar, se realiza un cambio de jabones y desinfectantes para evitar la alta presencia de cloruros en el agua residual proveniente de los procesos de producción, por lo que también se evitan altas cargas a la salida de la PTAR.

Posterior a esto, se utiliza una rejilla de cribado en la entrada del afluente para retirar los sólidos de mayor tamaño que puedan ocasionar taponamientos o daños en las operaciones posteriores.

La primera trampa de grasa funcionara como tanque homogeneizador, la cual tiene implementado un agitador pequeño, por lo cual se logra mitigar las variaciones de algunos parámetros como temperatura y pH, mejorando el funcionamiento de las demás operaciones en la PTAR.

El agua proveniente de las trampas de grasa es bombeada hacia los tanques de clarificación donde se hacen tres operaciones; neutralización, coagulación y floculación. Por ende, se realiza un ajuste de pH con Cal hasta un rango determinado, para garantizar el buen funcionamiento del coagulante utilizado (sulfato de aluminio)

En la etapa de clarificación, se sigue utilizando el sulfato de aluminio como coagulante, pero se cambia el polímero, a causa de la falta de información de

este. Las dosificaciones de químicos se deben reevaluar para brindar un buen funcionamiento del sistema de tratamiento de aguas residuales, al igual que se debe agregar un par de agitadores a los tanques existentes para garantizar una mezcla que conllevara a una buena clarificación del agua.

Por último, para disminuir la DBO y la DQO presente, se agrega un sistema de lodos activados que cuenta con un reactor aerobio que degrada la materia orgánica y un tanque de sedimentación que separa los lodos del agua tratada. Posterior a esta etapa el agua será vertida al alcantarillado.

- **Alternativa 2.** En primer lugar, se realiza un cambio de jabones y desinfectantes para evitar la alta presencia de cloruros en el agua residual proveniente de los procesos de producción, por lo que también se evitan altas cargas a la salida de la PTAR.

El agua residual industrial llega a un tanque homogeneizador que amortigua las cargas contaminantes y contribuye a la estabilización del pH y la temperatura.

Posterior a esto el agua pasa a través de una rejilla de cribado que separa los sólidos del agua residual.

El agua es llevada por gravedad hacia las trampas de grasa que retiran los aceites y grasas de menor densidad presentes en esta.

Una vez las grasas hayan sido retiradas, el agua es bombeada hacia un tanque llamado laguna de aireación, donde la materia orgánica es oxidada por microorganismos. Esta etapa no requiere de una clarificación primaria, pero si se necesita de un mecanismo de aireación. A diferencia de los lodos activados, los lodos generados en esta etapa son desechados y no se realiza una recirculación y estos tanques deben ser limpiados eventualmente.

El agua tratada en las lagunas es llevada a un tanque de sedimentación que clarifica el agua y la envía directamente al alcantarillado.

- **Alternativa 3.** En primer lugar, se realiza un cambio de jabones y desinfectantes para evitar la alta presencia de cloruros en el agua residual proveniente de los procesos de producción, por lo que también se evitan altas cargas a la salida de la PTAR.

El agua residual proveniente de las dos plantas de producción entra a un tanque de homogenización primario que posee un motor de agitación, donde se equilibran parámetros como pH y temperatura.

El agua que sale del tanque homogeneizador, pasa a través de una rejilla de cribado que retiene los sólidos más grandes presentes en el agua residual. En las trampas de grasas el agua realiza su recorrido normal para eliminar aceites y grasas de menor densidad, y es bombeada por una centrifuga hacia los tanques de clarificación actuales que actuaran como un nuevo tanque homogeneizador sin agitación.

En los nuevos tanques de homogeneización el agua es almacenada por un tiempo determinado, donde se retiran las grasas de mayor densidad y posteriormente esta se bombea hacia un nuevo tanque clarificador diseñado de forma cónica.

En el clarificador se realiza la neutralización del pH utilizando un nuevo neutralizante. Para esto se evalúa el rango óptimo de trabajo de los nuevos coagulantes y floculantes proporcionados por LIPESA Colombia y se realizan las respectivas dosificaciones de estos compuestos químicos.

El agua clarificada es transportada hacia un sistema de lodos activados donde la materia orgánica presente en el agua residual es oxidada por medio de un cultivo microbiano y después es llevada a un sedimentador donde se separan los lodos resultantes del agua tratada. El agua que sale del sedimentador es vertida al alcantarillado.

Figura 19. Alternativa de mejora 1.

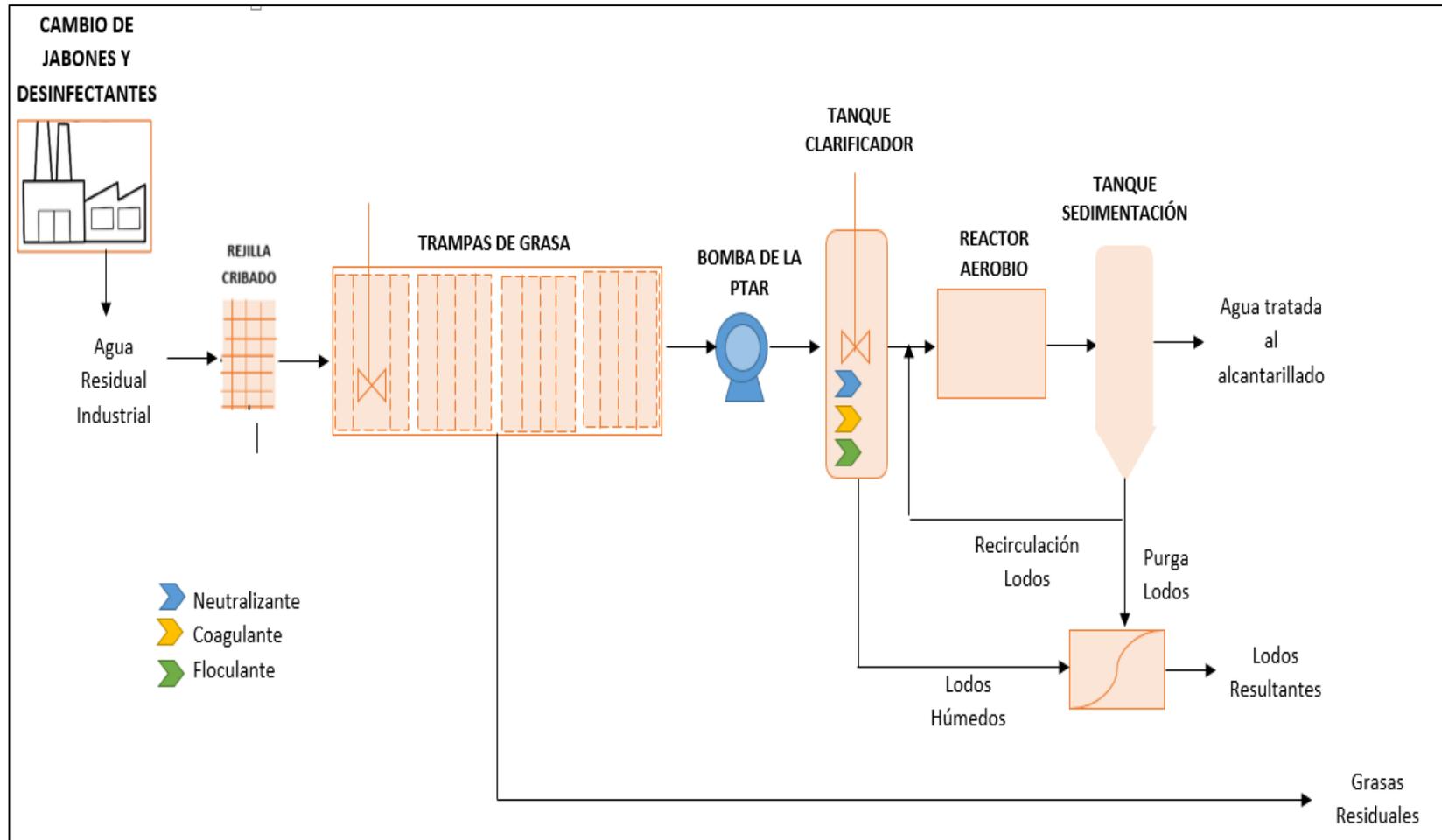


Figura 20. Alternativa de mejora 2

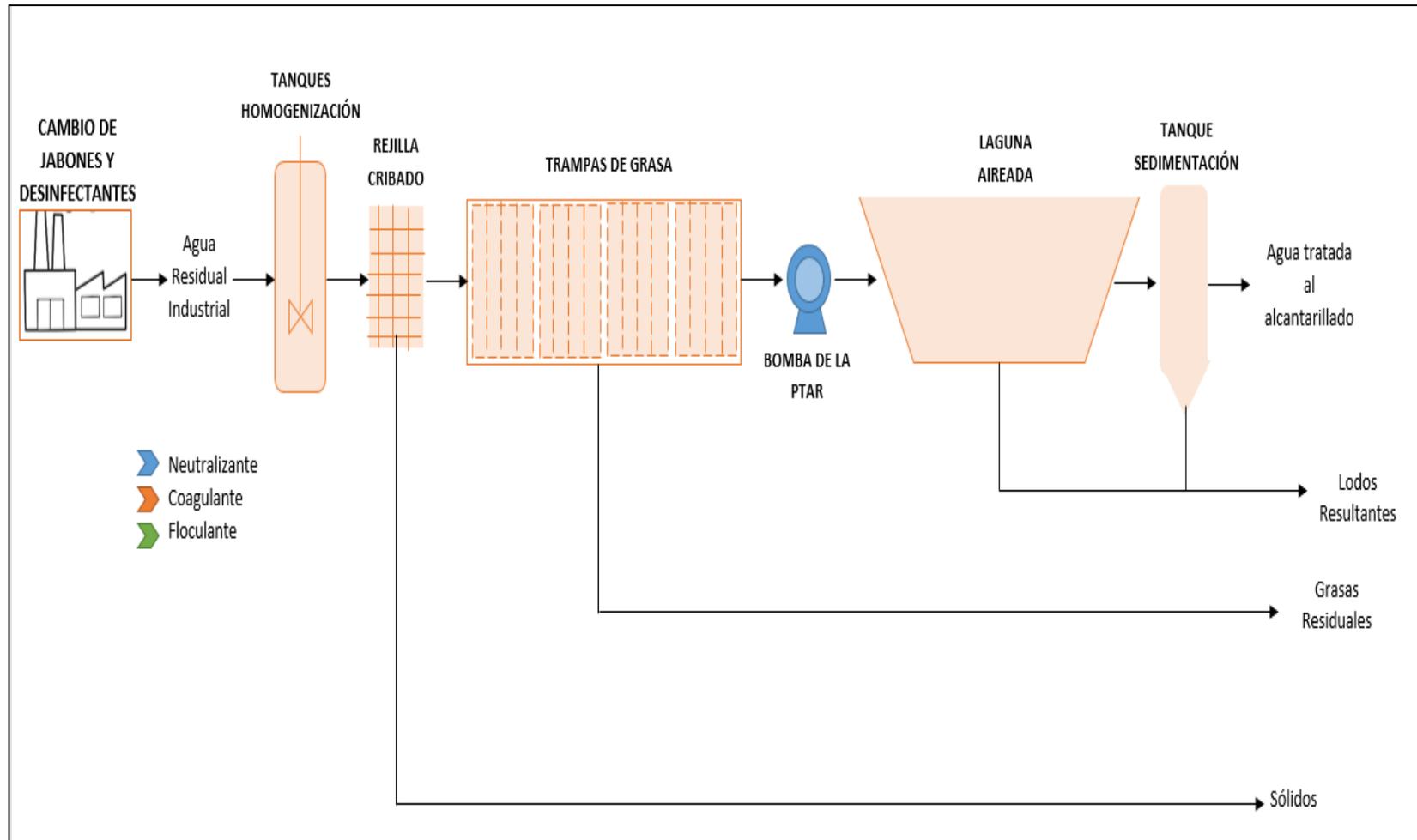
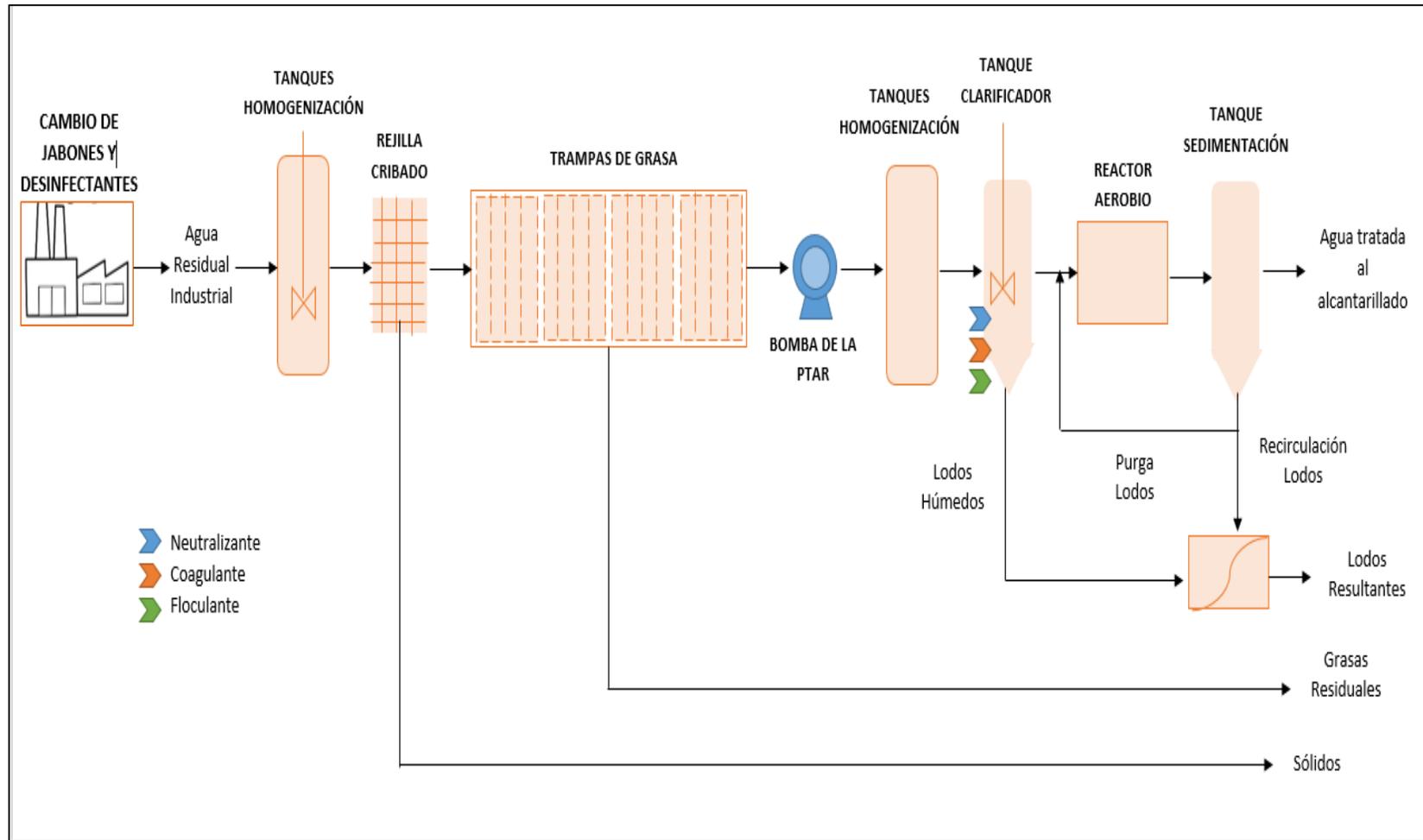


Figura 21. Alternativa de mejora 3.



5. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA DE MEJORA PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LÁCTEOS LEVELMA

En el presente capítulo se selecciona la alternativa de mejora, teniendo en cuenta las alternativas planteadas en el capítulo anterior, evaluadas mediante criterios de selección, dentro de una matriz cualitativa.

5.1 MATRIZ DE SELECCIÓN

La matriz de selección es una herramienta que permite tomar decisiones sobre un proyecto, mediante el uso de diferentes criterios. Esta matriz ayuda no sólo reducir el número de opciones, sino que otorga peso a una alternativa para ser seleccionada como la mejor dentro del grupo.

A través de esta herramienta se planea seleccionar la alternativa más adecuada, teniendo en cuenta 5 criterios importantes: Costo, eficiencia, factibilidad, operatividad y tiempo.

5.1.1 Criterios de selección. Estos criterios son los parámetros por los cuales se evalúan las propuestas, colocándole cierto porcentaje en peso a cada uno, y de esta forma escoger la que mejor se adecue a las exigencias de la empresa.

- **Costo.** La evaluación de las propuestas presentadas se realiza mediante la comparación de costos, los cuales deben ser bajos en cuanto implementación, operación y mantenimiento, teniendo en cuenta también la eficiencia del proceso.
- **Eficiencia.** La eficiencia constituye uno de los criterios más importantes a la hora de seleccionar una buena alternativa de mejora, debido a que lo que busca el proyecto es brindar una estrategia, por medio de la cual se cumplan los parámetros de la normatividad de vertimientos.
- **Factibilidad.** Se evalúa teniendo en cuenta la disponibilidad de los recursos de la empresa para llevar a cabo la alternativa de mejora.
- **Operatividad.** La alternativa elegida debe brindar un sistema de operación relativamente sencillo que no necesite de una alta capacitación, ni de más personal para llevar a cabo el tratamiento del agua residual.
- **Tiempo.** El tiempo se mide tanto en las operaciones unitarias ligadas al proceso como el tiempo de implementación y puesta en marcha de la propuesta de mejora.

Teniendo en cuenta los criterios anteriormente definidos, se procede a dar un peso a cada uno, tomando como mayor número, el criterio que se considera más importante.

La **Tabla 8** muestra los porcentajes distribuidos de los criterios de selección para realizar la matriz.

Tabla 8. Porcentajes distribuidos en los criterios de selección.

Criterio	%
Costo	30
Eficiencia	25
Factibilidad	20
Operatividad	15
Tiempo	10

La valoración de las alternativas propuestas se realiza de acuerdo al grado con que se aproximen al resultado deseado. La **Tabla 9** muestra la calificación entre 1 y 5, para evaluar las alternativas de mejora, siendo 5 la calificación más alta y 1 la más baja.

Tabla 9. Calificación para evaluar las alternativas de mejora.

Nivel	Rango
Muy Adecuado	5
Adecuado	3-4
Poco Adecuado	1-2

Según Kepner & Tregoe¹³, el desarrollo de la matriz se realiza en dos etapas, en la primera etapa se analiza cada una de las alternativas de acuerdo a los criterios mínimos que se definieron utilizando SI, si la alternativa cumple o NO, en caso contrario. La segunda etapa se asigna una calificación a las alternativas de 1 a 5, y se multiplica por el peso respectivo del criterio analizado. Al final se jerarquizan las alternativas aceptadas de acuerdo a las calificaciones resultantes. El **Cuadro 10** muestra la nomenclatura utilizada para cada alternativa de mejora propuesta con anterioridad.

Cuadro 15. Nomenclatura para la selección de la alternativa de mejora.

Alternativa	Nomenclatura
Alternativa 1	a1
Alternativa 2	a2
Alternativa 3	a3

¹³ SÁNCHEZ GUERRERO, Gabriel de las Nieves. Técnicas participativas para la planeación. Procesos breves de intervención. Fundación ICA. 2003. p. 197.

La sumatoria calificativa de la evaluación de las alternativas se obtiene por la jerarquización de los resultados, utilizando la **Ecuación 8**.

Ecuación 8. Relación para el método Kepner & Tregoe.

$$\Sigma = C * Ca$$

Dónde:

Σ : resultado Total de la evaluación.

C: Peso, es decir, % de cada criterio de selección.

Ca: calificación asignada para cada alternativa.

El **Cuadro 16** presenta la matriz de cumplimiento de los criterios mínimos (SI/NO).

Cuadro 16. Matriz de cumplimiento de los criterios mínimos (SI/NO).

Análisis del cumplimiento de los criterios mínimos (SI/NO)

Criterio	Alternativas consideradas		
	A ₁	A ₂	A ₃
Costo	SI	SI	SI
Eficiencia	SI	SI	SI
Factibilidad	SI	SI	SI
Operatividad	SI	SI	SI
Tiempo	SI	SI	SI

La **Tabla 10** ilustra la matriz de selección de alternativas como adaptación de Kepner & Tregoe.

Tabla 10. Matriz de selección de las alternativas como adaptación de Kepner & Tregoe.

Calificación de las alternativas por su aproximación a los resultados deseables.

Criterio	Alternativas consideradas			
	C (%)	a ₁	a ₂	a ₃
Costo	30	4,3	3,5	4,0
Eficiencia	25	3,8	4,5	4,5
Factibilidad	20	4,0	3,5	4,0
Operatividad	15	3,5	4,0	4,0
Tiempo	10	4,0	3,5	3,8
Promedio Σ =		3,97	3,83	4,10

Como se observó en la **Tabla 10**, la alternativa 3 es la más adecuada para tratar el agua residual de Lácteos Levelma. A pesar de que la alternativa 1 tuvo un valor muy

cercano a la alternativa seleccionada, esta no se escogió porque su eficiencia y operatividad son menores a la alternativa 3.

5.3 CAMBIO DE JABÓN Y DESINFECTANTE

En el capítulo 3, se observó que los cloruros son un parámetro que puede estar afectando el efluente de la empresa. Estos cloruros tienen su origen en diversos factores como lo son el lavado de equipos con jabones y desinfectantes a base de cloro, y los posibles derrames de suero que no van directo al tanque de almacenamiento, sino que llegan a la PTAR.

El lavado y la desinfección en las industrias lácteas es una tarea muy importante, debido a la naturaleza de los productos que se manejan. La calidad del producto terminado no solo tiene que ver con los reactivos utilizados y el proceso al que es sometido, sino que también está directamente relacionado con la limpieza de los equipos donde se realizan las distintas etapas de producción.

Para mitigar este problema, se presenta una propuesta de mejora en el lavado y desinfección de los equipos de la industria láctea, cambiando el jabón Econochlor y los desinfectantes Saniclin y Quatersan con el fin de reducir los cloruros presentes en el agua residual.

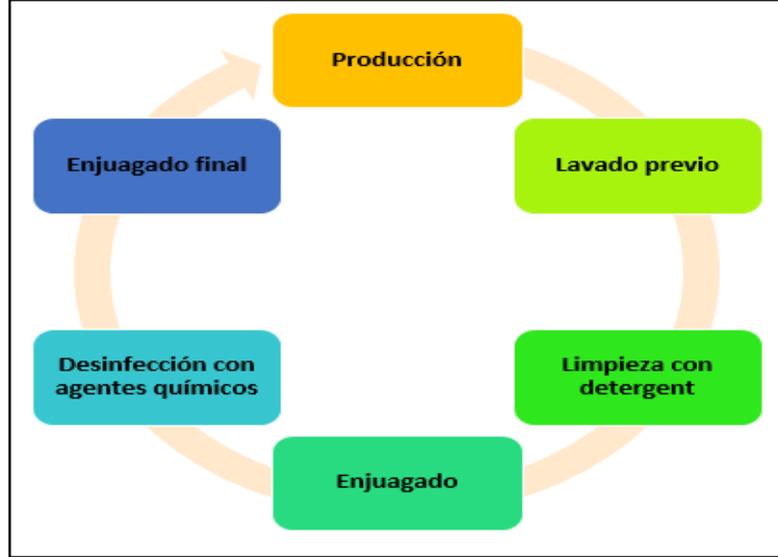
5.3.1 Selección de agentes desinfectantes y detergentes. Teniendo en cuenta la norma NTC 5245, la selección de estos compuestos se ve influenciada por.

- El tipo y materiales de construcción de los equipos que se van a desinfectar.
- El método de aplicación del agente desinfectante (manual, atomización, circulación).
- El proceso o producto para el cual se usa el equipo.
- La eficacia, costo y conveniencia del agente de desinfección.

5.3.2 Ciclo de la propuesta de lavado y desinfección para lácteos Levelma.

Este proceso se trabajará de igual forma como se ha venido trabajando en la empresa. El único cambio que se debe tener en cuenta es el uso de diferentes jabones y desinfectantes que no aumenten los cloruros. La **Figura 24** ilustra el ciclo de limpieza de equipos.

Figura 22. Ciclo de limpieza de equipos.



5.3.3 Lavado previo. “Se debe realizar inmediatamente después de un ciclo de producción. Se debe utilizar agua caliente que permita una fácil remoción, pero que no exceda los 55°C. Este proceso debe continuar hasta que el agua salga clara, lo que indica que la suciedad y residuos de producto se han eliminado en un alto porcentaje”¹⁴.

5.3.4 Limpieza con detergente. Si la superficie es caliente se debe lavar con detergente alcalino y ácido, si la superficie es fría se debe lavar únicamente con detergente alcalino.

- Se propone como detergente ácido el Ultra Brite y como detergente alcalino el Lacty CIP-I de la empresa TECNAS, debido a su alto poder limpiador, desincrustante y sarricida de equipos de acero inoxidable, permitiendo una mayor remoción de la suciedad.

5.3.5 Enjuagado. Se debe realizar con agua blanda para evitar precipitaciones de cal. Este proceso debe realizarse durante un tiempo adecuado, hasta eliminar todas las trazas de detergente que hayan podido quedar en el paso anterior.

5.3.6 Desinfección. Para el caso de lácteos Levelma se utilizará un agente químico que sustituya el Saniclin y el Quatersan. Este paso se realiza con el fin de eliminar los microorganismos patógenos que no se hayan removido en la limpieza con detergentes.

¹⁴ GÖSTA, Op., Cit., p. 406.

- Se propone como desinfectante el producto Titán 15% de la empresa TECNAS, ya que, posee excelentes características germicidas y esporicidas a base de ácido peracético.

5.3.7 Enjuagado final. Al finalizar la desinfección se debe lavar nuevamente los equipos con abundante agua para eliminar trazas de detergente o desinfectante que pueden alterar los productos finales.

En el **Cuadro 17** se muestran las dosificaciones recomendadas por el fabricante, para cada uno de los productos mencionados:

Cuadro 17. Dosificaciones recomendadas de los químicos para la limpieza de equipos.

Producto Químico	Dosificación
Ultra Brite	Para suciedad ligera usar al 0.5% Para otro tipo de suciedad se debe ajustar la dilución.
Lacty-CIP-I	Para suciedad ligera usar al 0.1% Para otro tipo de suciedad se debe ajustar la dilución.
Titán 15%	Para desinfección de equipos usar 100-200ppm (0.7-1.4 mL/L de agua)

Teniendo en cuenta el equipo que se vaya a limpiar se debe tener ciertas recomendaciones. La norma NTC 5245 muestra los cuidados que se deben tener en cuenta para algunos equipos de la planta. El **Anexo D** muestra las fichas de seguridad de los nuevos compuestos para lavado.

5.4 NEUTRALIZACIÓN

La neutralización se realiza con el fin de equilibrar el pH del agua a tratar, de modo que los nuevos coagulantes y floculantes a evaluar tengan un buen comportamiento dentro de la PTAR.

Para efectos del proyecto, se analizarán dos neutralizantes que son el hidróxido de sodio y el hidróxido de potasio (**Ver Anexo E**). La cal u oxido de calcio que se trabaja actualmente en la empresa no se analizará, debido a que este contribuye a un aumento en los sólidos presentes en el agua a tratar.

5.4.1 NaOH. Para realizar la curva, se tomó una muestra de 500mL en un Erlenmeyer y se midió el pH inicial de esta, que tenía un valor de 5,34. La neutralización se realizó por medio de la titulación con una bureta que contenía 25mL de NaOH con una concentración de 4M. Primero se neutralizó hasta un pH aproximado de 7,3 (unidades donde trabaja bien el coagulante orgánico) y luego se

pasó a un pH superior a 9,0(unidades donde trabaja bien el coagulante inorgánico) adicionando el NaOH con precaución y midiendo el cambio de pH (**Ver Tabla 10**) mediante un pH metro marca HANNA.

El comportamiento de la curva de neutralización se obtiene por relación con la **Ecuación 9**.

Ecuación 9. Fórmula general de diluciones.

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

Dónde:

C_1 = Concentración desconocida.

C_2 = Concentración de compuesto utilizado (ppm).

V_1 = Cantidad de muestra a neutralizar en mL.

V_2 = cantidad de compuesto adicionado a la muestra en mL.

En este caso:

C_1 = Concentración desconocida de NaOH agregado.

C_2 = 0.1M o 4.000 ppm.

V_1 = 500mL

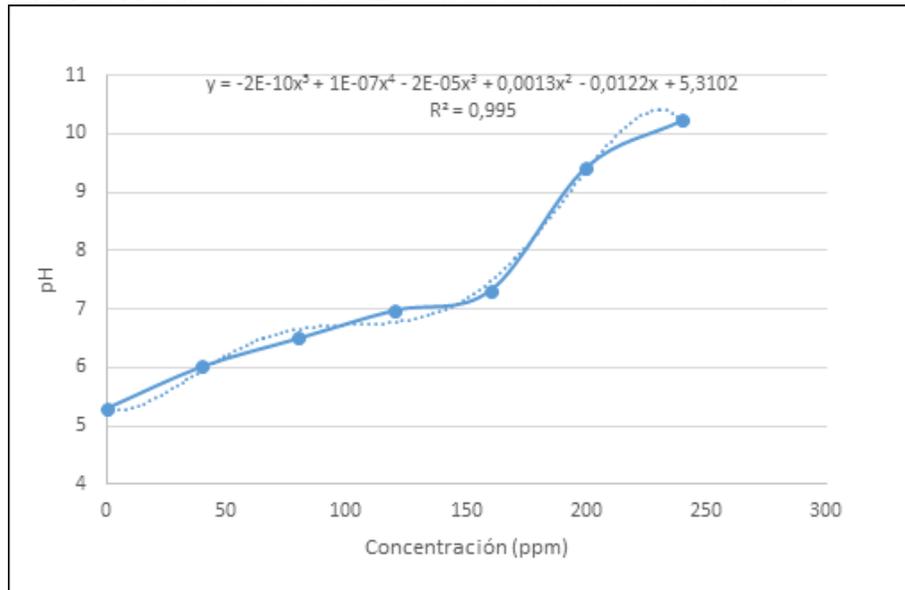
V_2 = cantidad de compuesto adicionado a la muestra en mL.

Tabla 11. Datos para la curva de neutralización con NaOH.

NaOH (mL)	NaOH (ppm)	pH
0	0	5,34
0,5	40	6.02
1	80	6,5
1,5	120	6,98
2	160	7,32
2,5	200	9,43
3	240	10,2

La **Gráfica 7** presenta la curva de neutralización de la muestra con NaOH.

Gráfica 7. Curva de neutralización de la muestra con NaOH.



5.4.2 KOH. Para realizar la curva, se tomó una muestra de 800mL en un Erlenmeyer y se midió el pH inicial de esta, que tenía un valor de 3,60. La neutralización se realizó por medio de la titulación con una bureta que contenía 25mL de KOH preparado previamente a una concentración del 50% v/v, hasta llegar a un pH de trabajo de 8,02 (**Tabla 12**).

El comportamiento de la curva de neutralización se obtiene por relación con la **Ecuación 9**, teniendo en cuenta lo siguiente:

C_1 = Concentración desconocida de KOH agregado.

C_2 = 50% o 500.000 ppm.

V_1 = 800mL.

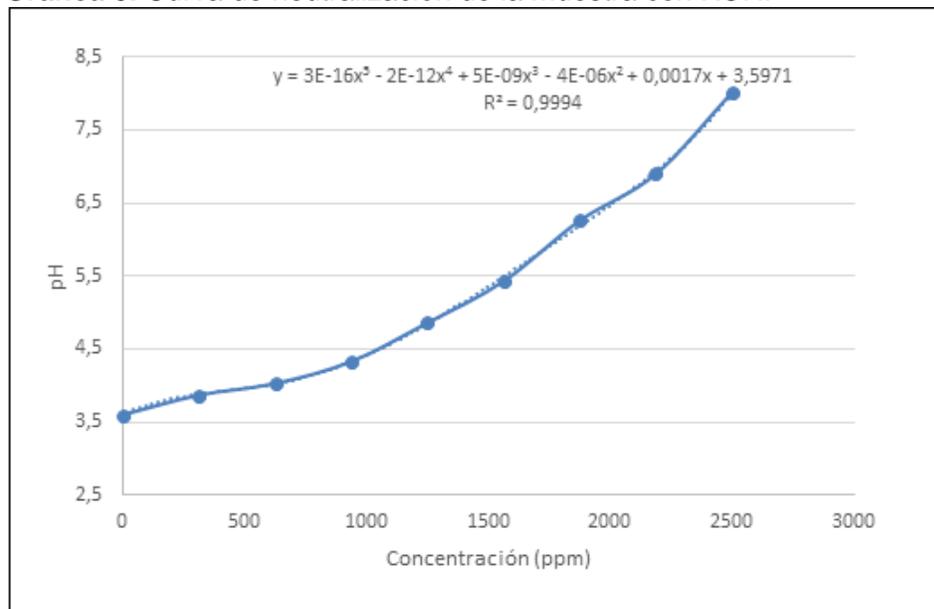
V_2 = Cantidad de compuesto adicionado a la muestra en mL.

Tabla 12. Datos para la curva de neutralización con KOH.

KOH (mL)	KOH (ppm)	pH
0	0	3.60
0,5	313	3.87
1	625	4.03
1,5	938	4.33
2	1250	4.86
2,5	1563	5.43
3	1875	6.26
3,5	2188	6.90
4	2500	8.02

La **Gráfica 8** presenta la curva de neutralización de la muestra con KOH.

Gráfica 8. Curva de neutralización de la muestra con KOH.

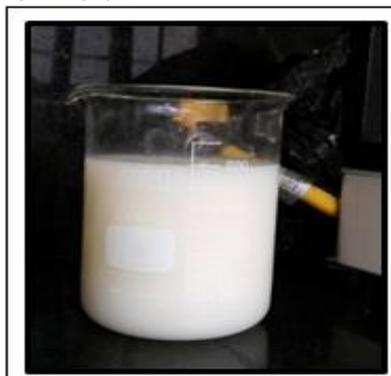


5.5 TEST DE JARRAS PARA COAGULANTES Y FLOCULANTES

El test de jarras es un ensayo a nivel laboratorio, que busca encontrar concentraciones adecuadas de coagulante y floculante para realizar el tratamiento del agua residual.

Los ensayos de laboratorio se realizaron tomando una muestra de agua a la salida de las trampas de grasa de la planta de tratamiento de aguas residuales de lácteos Levelma, en un envase de polietileno de alta densidad de 22L, del cual se tomaron alícuotas de 500mL para realizar el test de jarras. La **Figura 23** muestra 800 mL el agua residual de lácteos Levelma.

Figura 23. Muestra de agua sin tratar.



5.5.1 Pruebas fisicoquímicas iniciales del agua sin tratar. El agua cruda se sometió a pruebas fisicoquímicas para saber qué tan contaminada estaba y para evaluar el cambio de estos parámetros después del tratamiento con coagulantes y floculantes.

- **Temperatura Inicial.** La temperatura se midió con un termómetro de mercurio al tomar la muestra de agua residual. El valor inicial de la temperatura fue 22°C.
- **pH.** El pH de la muestra se midió con un pH metro digital marca HANNA. El valor de pH inicial fue de 5,34.
- **Cloruros iniciales.** Se realizó un análisis de cloruros, por medio de la titulación de la muestra con nitrato de plata (AgNO_3) al 0,05N, utilizando como indicador bromuro de potasio, hasta que virara a naranja como se muestra en la **Figura 24**. El objetivo de este análisis era comparar que tanto afectaba el coagulante la cantidad de cloruros presentes en las muestras.

Figura 24. Titulación de la muestra para calcular cloruros.



La **Ecuación 10** ilustra el cálculo de la concentración de cloruros.

Ecuación 10. Cálculo de la concentración de cloruros.

$$\text{ppm Cl}^- = \frac{(\text{mL agregados de AgNO}_3 - \text{mL blanco}) * C_{\text{AgNO}_3} * 35.454}{\text{mL muestra analizada}}$$

Tomando la **Ecuación 10**, y cambiando los datos de análisis, se obtiene:

$$ppm Cl^- = \frac{(26mL - 0,49mL) * 0,05N * 35.454}{100mL}$$

$$ppm Cl^- = 452,21$$

- **Turbidez inicial.** Los ensayos se realizaron en 4 jarras, variando la concentración de coagulante. Al final se calculó el porcentaje de remoción que se muestra en la **Ecuación 11**, teniendo en cuenta la turbidez inicial y la turbidez final de cada jarra, y a partir de esto se escogió la que obtuvo un mejor comportamiento clarificado.

Ecuación 11. Porcentaje de remoción de las jarras.

$$\% \text{ Remoción} = \left(\frac{\text{Turbidez inicial} - \text{Turbidez final}}{\text{Turbidez inicial}} \right) * 100$$

La turbidez inicial se midió en un turbidímetro marca MERCK, realizando una dilución de 1mL de agua residual en 100mL de agua destilada. Este valor se multiplica por 100 y se obtiene el valor real de la turbidez del agua sin tratar. La **Figura 25** presenta la turbidez del agua sin tratar de lácteos Levelma.

Figura 25. Turbidez del agua sin tratar de lácteos Levelma.



- **Sólidos suspendidos totales iniciales.** Para el cálculo de este parámetro, se filtró la muestra en papel filtro. La **Tabla 13** presenta los datos para el cálculo de los sólidos suspendidos totales.

Tabla 13. Datos para el cálculo de los sólidos suspendidos totales.

Magnitud	Simbología	Valor
Masa del filtro preparado (mg)	m1	1.578,9
Masa del filtro más el residuo a 103-105°C (mg)	m2	1.785,0
Volumen de la muestra (mL)	V	100

La **Ecuación 12** presenta el cálculo de los sólidos suspendidos totales.

Ecuación 12. Cálculo de los sólidos suspendidos totales.

$$SST = \frac{(m_2 - m_1) * 1.000}{V}$$

Reemplazando los datos de la **Tabla 13**. En la **Ecuación 12**, se obtiene.

$$SST = \frac{(1.785 - 1.578,9) * 1000}{100}$$
$$SST = 2061 \frac{mg}{L}$$

- **Sólidos sedimentables iniciales.** Para el cálculo de estos sólidos, se colocó una muestra de agua de 1L en un cono Innof como se observa en la **Figura 28**, durante 1h y se observó la cantidad de sólidos sedimentados en el fondo del cono.

Figura 26. Sólidos sedimentables iniciales.



5.5.2 Descripción de los reactivos. LIPESA es una empresa dedicada a la fabricación de una gama alta de productos químicos. Dentro de estos productos encontramos los coagulantes y floculantes que se utilizan en el tratamiento de aguas residuales. El **Anexo E** muestra las fichas de seguridad de los coagulantes y floculantes ofrecidos por LIPESA Colombia.

- **Floculantes.** Los floculantes son compuestos químicos que permiten la aglutinación de las partículas sólidas (flocs), luego de haberse desestabilizado con la coagulación, provocando un precipitado que contribuye al tratamiento del agua residual. La **Figura 27** muestra los floculantes proporcionados por LIPESA Colombia para la realización del test de jarras.

Figura 27. Muestras de floculantes de la empresa LIPESA.



El **Cuadro 18** presenta los tipos de floculantes de la empresa LIPESA.

Cuadro 18. Tipos de floculantes de la empresa LIPESA.

Referencia	Nombre Común	Descripción
L-1538	Aniónico	Polímero sólido, color blanco, inodoro y de alto peso molecular, fuertemente aniónico.
L-1569A	Catiónico	Polímero sólido, color blanco, inodoro y de alto peso molecular, ligeramente catiónico.

- **Coagulantes.** Los coagulantes son compuestos químicos que reaccionan con el agua residual, formando un floculo insoluble en el agua, que favorece la separación de los contaminantes. La **Figura 28** muestra los coagulantes proporcionados por LIPESA Colombia para la realización del test de jarras.

Figura 28. Muestras de coagulantes de la empresa LIPESA.



El **Cuadro 19** presenta los tipos de coagulante de la empresa LIPESA.

Cuadro 19. Tipos de coagulante de la empresa LIPESA.

Referencia	Nombre Común	Descripción
L-AC003	Policloruro de Aluminio	Compuesto amarillo, de naturaleza sólida. Fuerte poder de coagulación.
L-AC005	Policloruro de Aluminio	Compuesto incoloro, 100% soluble en agua. Alto rendimiento en aguas con alto poder contaminante.
L-AC011	Cloruro Férrico	Compuesto líquido, color marrón de alto poder de coagulación. Rápida velocidad de coagulación.
L-1472	Rompedor de emulsión inverso	Líquido marrón a base de mezcla de taninos. Especial para romper emulsiones de aceite en agua.
L-1471	Rompedor de emulsión inverso	Líquido marrón a base de mezcla de taninos. Especial para romper emulsiones de aceite en agua.

Los coagulantes L-AC005 y L-AC003 son el mismo policloruro de aluminio, solo que uno se encuentra sólido y el otro es líquido, por lo que se eligió para el test de jarras el que se encuentra en estado líquido.

5.5.3 Ensayos de laboratorio. Se realizaron 3 ensayos de jarras en un equipo que consta de 6 jarras, en los cuales se observaron las reacciones que los coagulantes y floculantes presentaban sobre la muestra a tratar.

En estas pruebas se realizaron tomas de parámetros esenciales como pH y turbidez al finalizar cada ensayo, y análisis del índice de Willcomb (**Anexo F**) para cada jarra.

La **Tabla 14** muestra las variables que permanecerán fijas en los ensayos de jarras.

Tabla 14. Variables fijas del proceso de ensayo de jarras.

Variable	Valor o rango
Concentración Neutralizante (NaOH)	4 M
Concentración Coagulantes Inorgánicos	10%
Concentración coagulantes Orgánicos	1%
Concentración Floculantes	0.1%
Cantidad de la Muestra a analizar	500MI
Tiempo de Mezcla Lenta	8 min
Tiempo de Mezcla Instantánea	1 min
Velocidad de Mezcla Lenta	40 rpm
Velocidad de Mezcla Instantánea	120 rpm

- **Preparación de los floculantes.** En dos beaker de 1.000mL se diluyeron 0,5g de floculante en 500mL de agua, como se muestra en las **Figuras 29 y 30** con lo que se obtuvo una dilución al 1,0%.

Figura 29. Cantidad de floculante 1569A pesado para la preparación.



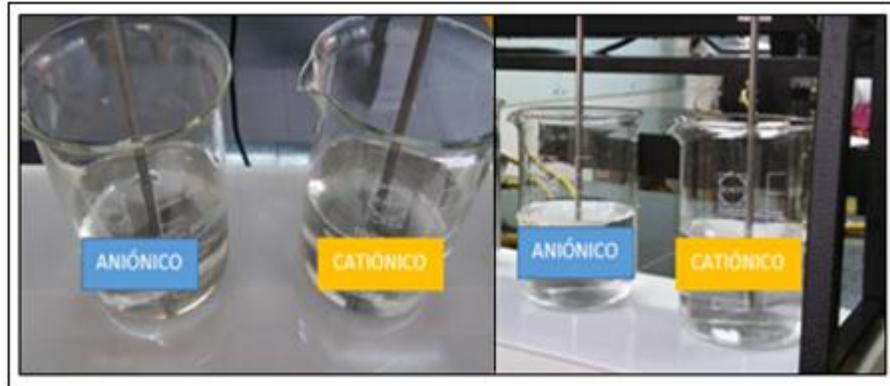
Figura 30. Cantidad de floculante 1538 pesado para la preparación.



El mezclado se realizó durante 30 minutos a una velocidad inicial de 90 rpm, culminando en 60rpm, para evitar el rompimiento de las cadenas poliméricas.

La preparación finalizó cuando el floculante adquirió una viscosidad mayor a la del agua y las partículas de polímero se disuelven completamente de forma homogénea como se ve en la **Figura 31**.

Figura 31. Preparación del floculante.



Luego de varios ensayos, se determinó que el floculante que tenía un mejor comportamiento era el floculante aniónico (L – 1538) y se encontró que la dosificación es de 2mL para una muestra de 500mL. La concentración del floculante se calcula mediante la **Ecuación 9**.

$$C_1 = \frac{C_2 * V_2}{V_1}$$
$$C_1 = \frac{1.000ppm * 2mL}{500mL}$$
$$C_1 = 4 ppm$$

- **Preparación de los coagulantes inorgánicos.** Luego de realizar varios ensayos de laboratorio para saber cómo coagulaban los compuestos químicos se encontraron concentraciones donde se podían trabajar los coagulantes. En 100 mL de agua se diluyeron 10mL de coagulante L-AC005 y L-AC011, como se muestra en la **Figura 32**, a una concentración del 100.000 ppm (10%).

Figura 32. Coagulantes inorgánicos al 10%.



- **Preparación de los coagulantes orgánicos.** Ambos compuestos se diluyeron a una concentración del 2%, diluyendo 2mL de compuesto en 100mL de agua como se muestra en la **Figura 33**.

Figura 33. Coagulantes orgánicos al 10%.



5.5.3.1 Coagulantes inorgánicos. Este tipo de coagulantes contienen en su estructura compuestos inorgánicos (en este caso cloruro de aluminio o cloruro férrico) que permiten la desestabilización de las moléculas de la muestra de agua residual.

- **Ensayo 1.** En la **Tabla 15** se presentan las variables fijas del ensayo 1.

Tabla 15. Variables fijas del ensayo 1.

Coagulante	L-AC011
Floculante	L-1538
pH de trabajo	9.4
Turbidez inicial	6874 NTU
Temperatura	22°C

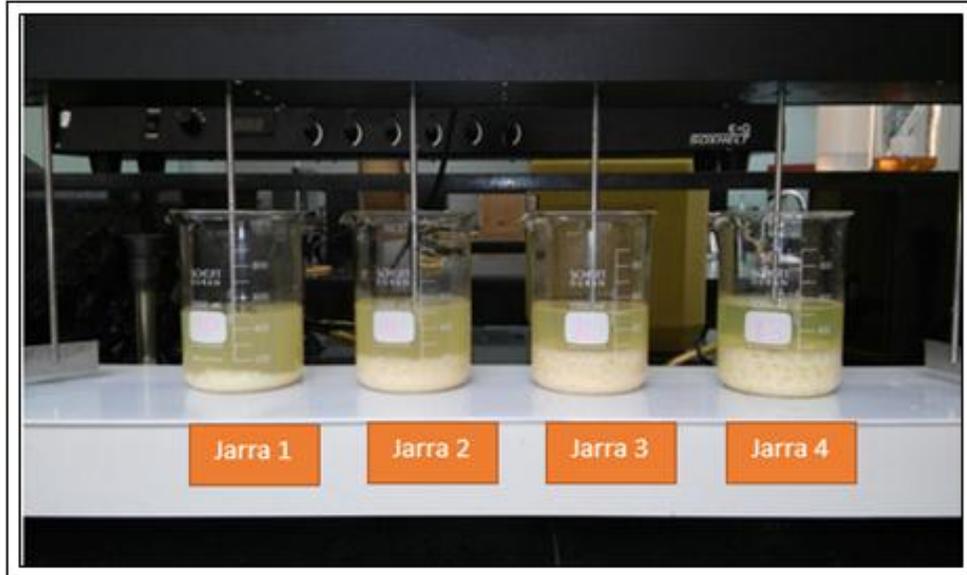
La **Tabla 16** muestra los resultados obtenidos al realizar el test de jarras 1 para la muestra de agua residual tomada del tanque homogeneizador secundario, luego de dejar el agua en reposo durante 2 h, variando las concentraciones de coagulante L-AC011, luego de llevar la muestra a un pH de 9,4, para evitar pérdidas de eficiencia de los compuestos químicos.

Tabla 16. Resultados obtenidos en el ensayo 1.

Parámetro	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4
Dosificación de NaOH (ppm)	200	200	200	200
Dosificación de L-AC011 (ppm)	2.000	2.200	2.400	2.600
Dosificación de L-1538 (ppm)	4	4	4	4
Turbidez (NTU)	100,56	90,35	85,10	70,62
pH final	7,54	7,56	7,77	7,98
Índice Willcomb	4	6	8	8
% Remoción	98,5	98,7	98,8	99,0

A pesar de que se observa un comportamiento similar en el % de remoción de las 4 jarras, el valor más alto es el de la jarra 4, con una concentración de coagulante de 2.600ppm y de floculante de ppm. Así mismo se aprecia en la **Figura 36** que la cantidad sedimentada es más alta en la jarra 4.

Figura 34. Ensayo de jarras 1.



- **Ensayo 2.** En la **Tabla 17** se presentan las variables fijas del ensayo 2.

Tabla 17. Variables fijas del ensayo 2.

Coagulante	L-AC011
Floculante	L-1538
pH de trabajo	9.4
Turbidez inicial	6874 NTU
Temperatura	22°C

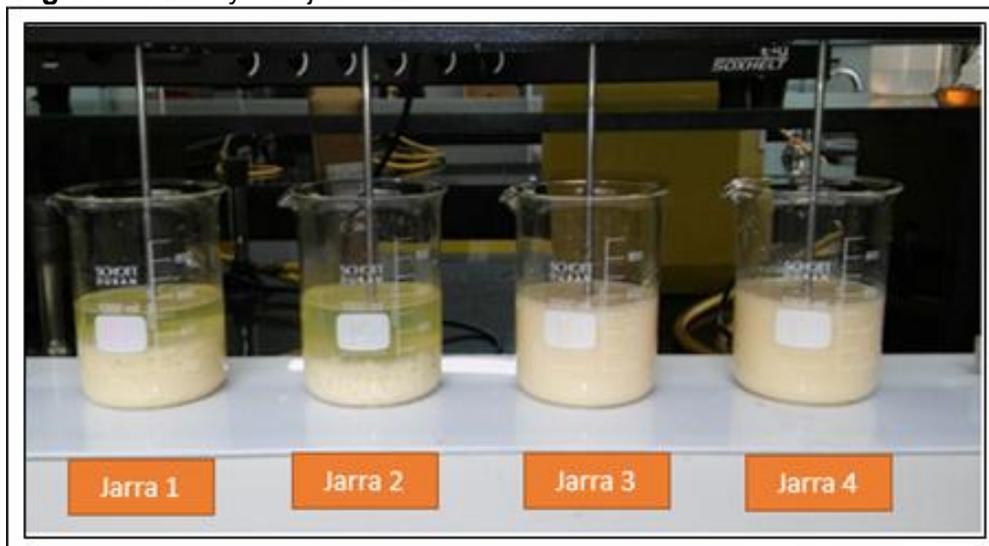
La **Tabla 18** muestra los resultados obtenidos al realizar el test de jarras 2 para la muestra de agua residual tomada del tanque homogeneizador secundario, luego de dejar el agua en reposo durante 2 h, variando las concentraciones de coagulante L-AC011, luego de llevar la muestra a un pH de 9,4, para evitar pérdidas de eficiencia de los compuestos químicos.

Tabla 18. Resultados obtenidos en el ensayo 2.

Parámetro	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4
Dosificación de NaOH (ppm)	200	200	200	200
Dosificación de L-AC011 (ppm)	2.800	3.000	3.200	3.400
Dosificación de L-1538 (ppm)	4	4	4	4
Turbidez (NTU)	60,66	34,57	-	-
pH final	7,50	6,89	-	-
Índice Willcomb	6	8	0	0
% Remoción	99,1	99,4	-	-

En este ensayo se observa que las jarras 3 y 4 no precipitaron, por ende, el agua quedó muy turbia. Las jarras 1 y 2 tuvieron un excelente comportamiento, con un porcentaje de remoción por encima del 99%, pero la jarra donde se observó una mejor clarificación fue la jarra 2, cuyo floculo es más grande, como lo muestra la **Figura 35**.

Figura 35. Ensayo de jarras 2.



- **Ensayo 3.** En la **Tabla 19** se presentan las variables fijas del ensayo 2.

Tabla 19. Variables fijas del ensayo 3.

Coagulante	L-AC005
Floculante	L-1538
pH de trabajo	9.4
Turbidez inicial	6874 NTU
Temperatura	22°C

La **Tabla 20** muestra los resultados obtenidos al realizar el test de jarras 3 para la muestra de agua residual tomada del tanque homogeneizador secundario, luego de dejar el agua en reposo durante 2 h, variando las concentraciones de coagulante L-AC005, luego de llevar la muestra a un pH de 9,4, para evitar pérdidas de eficiencia de los compuestos químicos.

Tabla 20. Resultados obtenidos en el ensayo 3.

Parámetro	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4
Dosificación de NaOH (ppm)	200	200	200	200
Dosificación de L-AC005 (ppm)	2.000	2.200	2.400	2.600
Dosificación de L-1538 (ppm)	4	4	4	4
Turbidez (NTU)	863,0	765,7	300,3	436,6
pH final	8,13	7,99	7,69	7,50
Índice de Willcomb	4	6	8	8
% Remoción	87,4	88,9	95,6	93,6

El coagulante L-AC005 también presenta un porcentaje de remoción alto, sin embargo, las jarras que tienen un mejor comportamiento son las jarras 3 y 4, siendo la jarra 3 la que mejor clarifica, como se observa en la **Figura 38**.

Figura 36. Ensayo de jarras 3.



5.5.3.2 Coagulantes orgánicos. Este tipo de coagulantes contienen compuestos orgánicos dentro de su estructura que permite la desestabilización de las moléculas presentes en el agua. En este caso se trabajan coagulantes a base de taninos.

- **Ensayo 4.** En la **Tabla 21** se presentan las variables fijas del ensayo 4.

Tabla 21. Variables fijas del ensayo 4.

Coagulante	L-1471
Floculante	L-1538
pH de trabajo	7.3
Turbidez inicial	6874 NTU
Temperatura	22°C

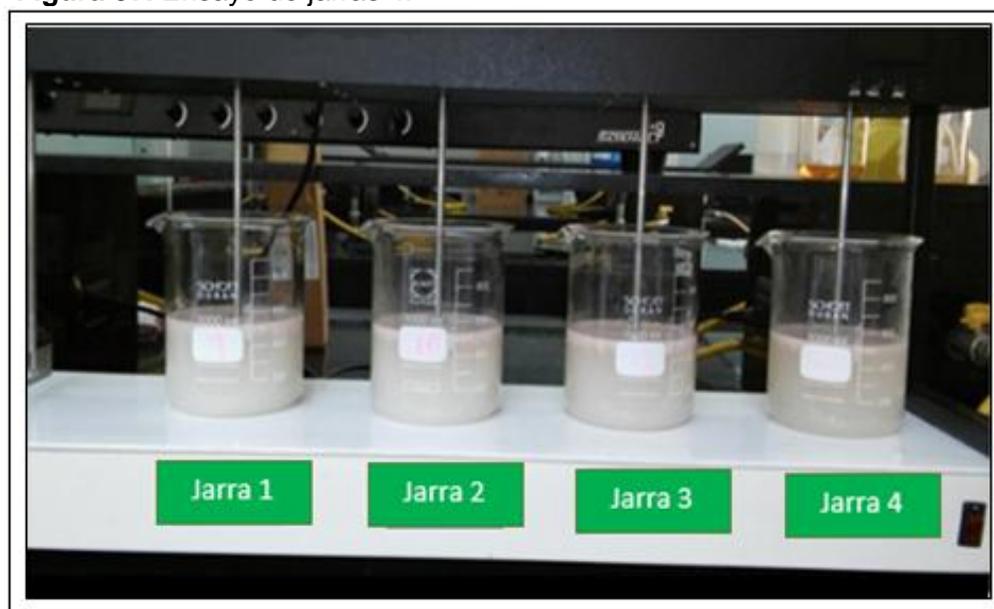
La **Tabla 22** muestra los resultados obtenidos al realizar el test de jarras 4 para la muestra de agua residual tomada del tanque homogeneizador secundario, luego de dejar el agua en reposo durante 2 h, variando las concentraciones de coagulante L-1471, luego de llevar la muestra a un pH de 7,3.

Tabla 22. Resultados obtenidos en el ensayo 4.

Parámetro	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4
Dosificación de NaOH (ppm)	160	160	160	160
Dosificación de L-1471 (ppm)	1.800	2.000	2.200	2.400
Dosificación de L-1538 (ppm)	4	4	4	4
Turbidez (NTU)	825,6	741,1	987,0	873,1
pH final	7,2	7,2	7,2	7,2
Índice de Willcomb	4	6	4	4
% Remoción	88,0	89,2	85,6	87,3

El coagulante L-1471 presenta menor porcentaje de remoción que los coagulantes inorgánicos presentados anteriormente. La jarra cuya clarificación tuvo un buen comportamiento fue la jarra 2, como se muestra en la **Figura 37**.

Figura 37. Ensayo de jarras 4.



- **Ensayo 5.** En la **Tabla 23** se presentan las variables fijas del ensayo 5.

Tabla 23. Variables fijas del ensayo 5.

Coagulante	L-1472
Floculante	L-1538
pH de trabajo	7.3
Turbidez inicial	6874 NTU
Temperatura	22°C

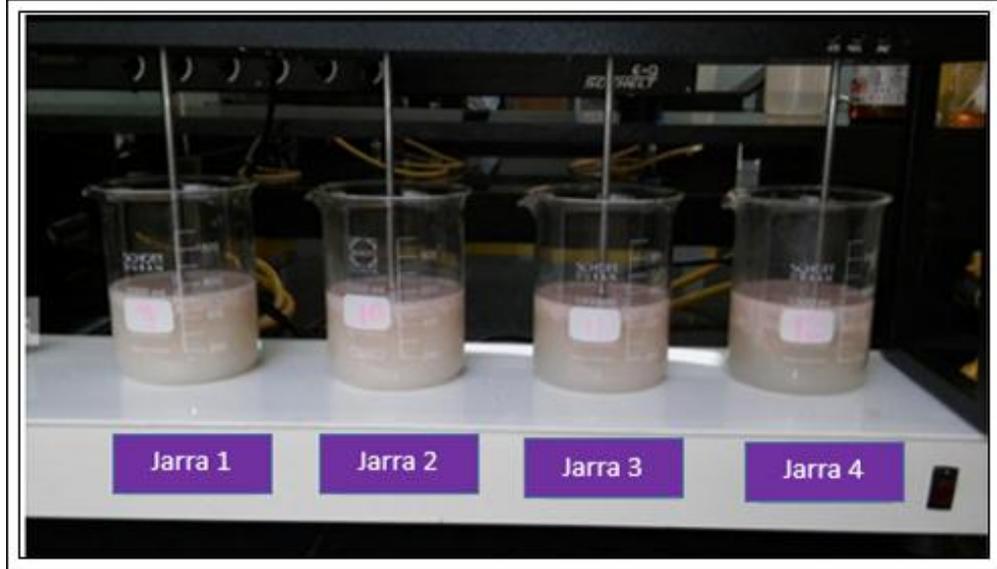
La **Tabla 24** muestra los resultados obtenidos al realizar el test de jarras 5 para la muestra de agua tomada del tanque homogeneizador secundario, luego de dejar el agua en reposo durante 2 h, variando las concentraciones de coagulante L – 1472, luego de llevar la muestra a un pH de 7,3.

Tabla 24. Resultados obtenidos en el ensayo 5.

Parámetro	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4
Dosificación de NaOH (ppm)	160	160	160	160
Dosificación de L-1472 (ppm)	1.800	2.000	2.200	2.400
Dosificación de L-1538 (ppm)	4	4	4	4
Turbidez (NTU)	450,8	456,6	348,9	195,6
pH final	7,15	7,12	7,2	7,2
Índice de Willcomb	4	4	4	6
% Remoción	93,4	93,3	94,9	97,1

El coagulante L – 1472 presenta una mejor clarificación que el anterior, obteniéndose remociones por encima del 93%. La jarra que mejor se comportó fue la jarra 4, con 97,1% de remoción, como se observa en la **Figura 38**.

Figura 38. Ensayo de jarras 5.



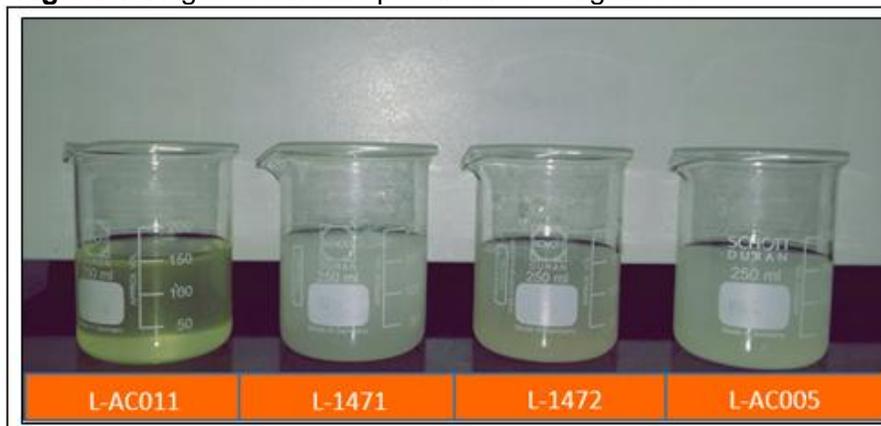
La **Figura 39** muestra los valores de turbidez obtenidos en las mejores remociones, de los ensayos de jarras realizados en el agua residual de Lácteos Levelma.

Figura 39. Turbidez de las jarras con mejor comportamiento de los ensayos.



El agua clarificada utilizando los distintos coagulantes se muestra en la **Figura 40**.

Figura 40. Agua clarificada por distintos coagulantes.



Con los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio, se escogió el coagulante L-AC011, debido a que es el que presenta mejor comportamiento clarificante. El agua tratada por este método fue filtrada y llevada a los laboratorios de la empresa BIOTRENDS, donde se analizaron los siguientes parámetros:

- Sólidos suspendidos.
- Sólidos sedimentables.
- DQO.
- DBO₅.
- Cloruros.
- Sulfatos.
- Grasas y aceites.
- Tensoactivos.

La temperatura y pH finales se analizaron una vez concluido el test de jarras. Los valores finales obtenidos para el agua tratada fueron 21°C y 6,89.

Los resultados del análisis fisicoquímico presentados por la empresa BIOTRENDS (**Ver Anexo G**), realizado sobre la muestra de agua tratada de la jarra 2 con el coagulante L-AC011 (**Ver Tabla 18**) y los parámetros de Temperatura y pH, comparados con la resolución 0631 y los datos iniciales presentados por ANTEK, se muestran en la **Tabla 25**.

Tabla 25. Comparación de los datos obtenidos con el coagulante L-AC011.

Parámetro	Unidades	Datos iniciales	Datos Finales	Resolución 0631 de 2015	Nivel de Cumplimiento
Temperatura muestra	°C	22°C	21°C	<40	Cumple
pH	Unidades	5,34	6,89	6-9	Cumple
Sulfatos	mg/L SO ₄₋₂	<5*	178,5	500	Cumple
Cloruros	mg/L Cl-	452,21	3.227	500	No cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/L	2.061	165	150	No cumple
Sólidos sedimentables	mL/L-h	1,5	<0,1	2	Cumple
DBO ₅	mg/L O ₂	3.100*	1.309	250	No cumple
DQO	mg/L O ₂	5.060*	2.669	450	No cumple
Grasas y aceites	mg/L	619*	228,4	20	No cumple

*Datos tomados como referencia de las pruebas iniciales de ANTEK.

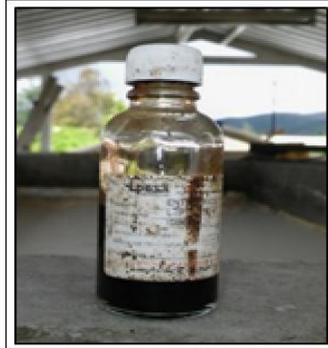
Fuente: ANTEK.

Con los datos de la **Tabla 25** se analizó que los parámetros sulfatos, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, DBO₅, DQO y grasas disminuyeron notablemente con respecto a los datos iniciales con el uso del coagulante L-AC011, sin embargo, los datos obtenidos siguen sin cumplir la resolución 0631 de 2015, por lo que este coagulante no se puede utilizar.

Debido a esto, se consultó con la empresa Lipesa y se encontró un coagulante orgánico con una mejor remoción que los coagulantes L – 1471y L – 1472. Como recomendación final, la empresa sugirió el cambio del neutralizante NaOH por KOH, para evitar reacciones que aumenten los cloruros.

El análisis de este coagulante se realizó el día 16 de junio en las instalaciones de Lácteos Levelma. Debido a que había pasado mucho tiempo de las pruebas fisicoquímicas realizadas por ANTEK, se llevaron de nuevo al laboratorio de Biotrends (**Ver Anexo G**), para realizar las comparaciones como se muestra en la **Tabla 25**. La **Figura 41** presenta el coagulante orgánico L-1688.

Figura 41. Coagulante orgánico L – 1688.



- **Ensayo 6.** El agua residual que entraba a la PTAR pasó por cada operación unitaria mencionada en la propuesta de mejora, incluyendo la etapa de homogenización rejilla de cribado y las trampas de grasas, como se trabajó en los ensayos anteriores. Las variables fijas del ensayo 6 se muestran en la **Tabla 26**.

Tabla 26. Variables fijas generales del ensayo 6.

Variable	Valor o rango
Concentración Neutralizante (KOH)	50%
Concentración coagulante Orgánico	10%
Concentración Floculante	0,1%
Cantidad de la Muestra a analizar	800mL
Tiempo de Mezcla Lenta	8 min
Tiempo de Mezcla Instantánea	1 min
Velocidad de Mezcla Lenta	40 rpm
Velocidad de Mezcla Instantánea	120 rpm

Se aumentó el tiempo de retención en el tanque homogeneizador secundario que se encuentra después de las trampas de grasas dejando en reposo el agua en el tanque durante una noche, lo que permitió una mejor remoción de la grasa presente en el agua, como lo muestra la **Figura 42**.

Figura 42. Grasa retirada en el tanque homogeneizador secundario.



Para este test de jarras se utilizó en coagulante L-1688 Al 10% y el floculante L-1538 a la misma concentración que se trabajó en los ensayos anteriores (0,1%).

En el experimento se variaron las concentraciones de coagulante y el floculante permaneció contante a una concentración de 4ppm.

Para realizar el análisis de datos en el tanque clarificador se tomaron los datos de turbidez inicial, pH inicial y Temperatura inicial, como se muestra en la **Figura 43**. La turbidez tuvo que ser diluida al 10% para que el turbidímetro la pudiera leer.

Figura 43. Datos iniciales del agua a tratar.



En la **Tabla 27** se presentan las variables fijas del ensayo 6.

Tabla 27. Variables fijas del ensayo 6.

Coagulante	L – 1688
Floculante	L – 1538
pH de trabajo	8,02
Turbidez inicial	2.650 NTU
Temperatura	19,2°C

La **Tabla 28** muestra los resultados obtenidos al realizar el test de jarras 6 para la muestra de agua residual tomada de la salida de las trampas de grasa, variando las concentraciones de coagulante, luego de llevar la muestra a un pH de 8,02.

Tabla 28. Resultados obtenidos en el ensayo 6.

Parámetro	Jarra 1	Jarra 2	Jarra 3	Jarra 4
Dosificación de KOH (ppm)	2500	2500	2500	2500
Dosificación de L-1688 (ppm)	750	875	1000	1125
Dosificación de L-1538 (ppm)	4	4	4	4
Turbidez (NTU)	140	73	95	106
pH final	7,79	7,43	7,88	7,63
Índice de Willcomb	4	8	6	4
% Remoción	94,7	97,2	96,4	96,0

A pesar de que el coagulante en diferentes concentraciones muestra un comportamiento relativamente constante en la turbidez final, se analizó que el agua mejor tratada fue la de la jarra 2, con un porcentaje de remoción de 97,2%, como se muestra en la **Figura 44**.

Figura 44. Ensayo de jarras 6.



El agua tratada por este método fue llevada a los laboratorios de la empresa BIOTRENDS, donde se analizaron nuevamente los parámetros fisicoquímicos. En la **Figura 45** se puede observar el agua tratada separada del floc.

Figura 45. Calidad de agua tratada y floc final.



Los resultados del análisis fisicoquímico presentados por la empresa (**Ver Anexo G**), realizado sobre la muestra de agua tratada de la jarra 2 con el coagulante y los parámetros de Temperatura y pH tomados en el sitio de trabajo, comparados con la resolución 0631 y los datos iniciales presentados por ANTEK se muestran en la **Tabla 29**.

Tabla 29. Comparación de los datos obtenidos con el coagulante L – 1688.

Parámetro	Unidades	Datos iniciales	Datos Finales	Resolución 0631 de 2015	Nivel Cumplimiento
Temperatura muestra	°C	30*	20*	<40	Cumple
pH	Unidades	3,60*	7,43*	6-9	Cumple
Sulfatos	mg/L SO ₄ ²⁻	1.078,46	529,91	500	No Cumple
Cloruros	mg/L Cl ⁻	287,81	<0,25	500	Cumple
Sólidos suspendidos totales	mg/L	7.869,50	<51	150	Cumple
Sólidos sedimentables	mL/L-h	0,5	<0,1	2	Cumple
DBO ₅	mg/L O ₂	3.953	1.800	250	No Cumple
DQO	mg/L O ₂	10.032,31	3.958,77	450	No Cumple
Grasas y aceites	mg/L	1.825,52	16,32	20	Cumple

* Datos tomados por los proyectantes a la muestra con y sin tratamiento.

Fuente: ANTEK.

Como se observa en la **Tabla 29**, el tratamiento primario ofrece una alta remoción de carga contaminante, sin embargo, parámetros como DQO y DBO debe ser tratados mediante sistema biológico, para una máxima reducción.

El parámetro sulfatos, se volvió a medir a la salida (**Ver Anexo G**), debido a que, al preservar las muestras, se agregó H_2SO_4 , y para el análisis de este parámetro no debía acidificarse con este compuesto. Se corroboró con la empresa Biotrends, que el resultado estaba afectado por el ácido sulfúrico que incrementó los valores de los sulfatos en la muestra de agua residual no tratada y la tratada. Por ende, se volvió a replicar el tratamiento y se envió nuevamente la muestra a Biotrends para el análisis de los sulfatos. El análisis obtenido se muestra en la **Tabla 30**.

Tabla 30. Análisis de sulfatos de la muestra tratada.

Parámetro	Unidades	Valor
Sulfatos	mg/L SO_{4-2}	56,35

- **Análisis de resultados del test de jarras.** A pesar de los inconvenientes registrados con el no cumplimiento de la normatividad vigente al realizar el tratamiento con L-AC011, al final se logró encontrar un nuevo coagulante que mejoró los resultados del agua tratada.

El nuevo tratamiento empleó el coagulante orgánico L-1688y con este se observó que el porcentaje de remoción fue de 97,2%, un valor menor al que se había logrado con el coagulante L-AC011. Sin embargo, este nuevo coagulante presentó una disminución en los parámetros que exige la resolución 0631 de 2015, por lo que cumplió 7 de los 10 parámetros analizados. A diferencia de los taninos L-1471y L-1472, el floc resultante del coagulante L-1688 precipita y no flota como en los dos anteriores, por lo cual la remoción de este lodo resulta mucho más sencilla al retirarlo por gravedad en la parte inferior del clarificador. A partir de esto se recomienda utilizar este producto, pues a pesar de que su porcentaje de remoción no fue tan alto como el del cloruro férrico, este presenta mejores resultados.

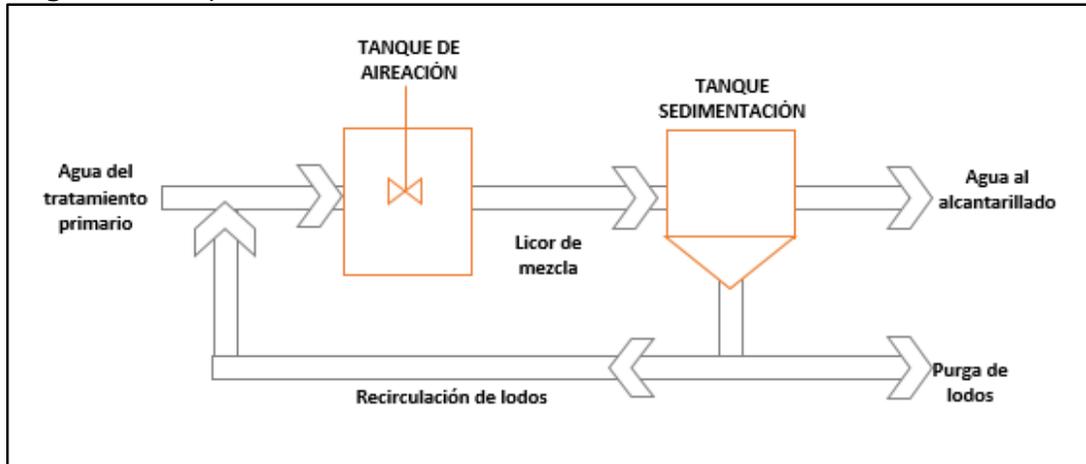
Cabe aclarar que los resultados finales se deben también al cambio del neutralizante y el aumento del tiempo de retención de las grasas, puesto que, al retirar un mayor porcentaje de grasas, se retiran también parcialmente otras sustancias contaminantes que quedan atrapadas dentro de la grasa.

Los parámetros DBO y DQO se encuentran por fuera de la resolución, por lo cual se debe realizar un tratamiento biológico, el cual es capaz de disminuir en un 95% tanto la DBO como la DQO y de esta manera se logra cumplir a plenitud la normatividad actual vigente.

5.6 TRATAMIENTO SECUNDARIO CON LODOS ACTIVADOS

El tratamiento secundario contempla todos los procesos biológicos de las aguas residuales tanto aerobios como anaerobios. Para efectos del presente proyecto, se realizará el diseño del tratamiento con lodos activados. Este tratamiento ha sido utilizado eficazmente para el tratamiento de aguas residuales y urbanas. La **Figura 46** muestra el proceso convencional de lodos activados.

Figura 46. Esquema básico de lodos activados.



“Los lodos activados pueden ser en reactor de mezcla completa, reactor de flujo de pistón y reactor discontinuo. En este caso se realizará el diseño de un reactor de mezcla completa, puesto que este es el más utilizado para caudales bajos $400\text{m}^3/\text{día}$”¹⁵.

El principio de lodos activados se basa en un reactor aireado que oxida la materia orgánica presente en el agua residual, mediante un cultivo bacteriano en suspensión. El contenido presente dentro del reactor se le conoce como licor de mezcla. La expresión del comportamiento microbiológico aerobio se muestra en la **Ecuación 13**.

Ecuación 13. Sistema básico reaccionante de los lodos activados.



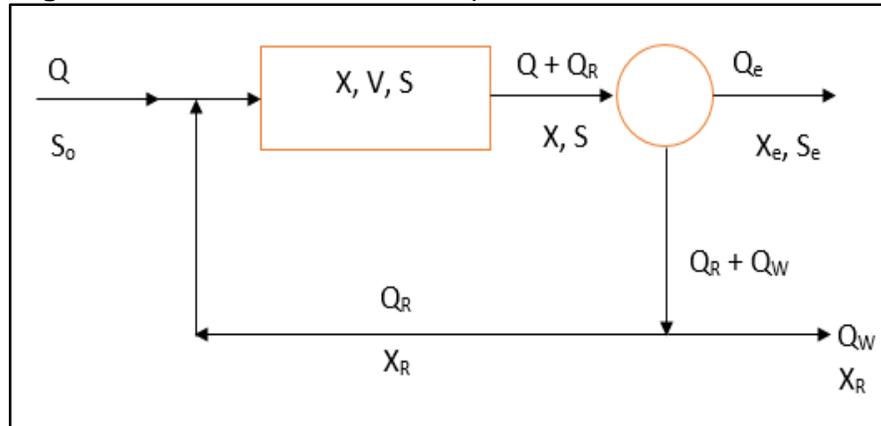
5.6.1 Modelo de lodos activados de mezcla completa. Según Romero¹⁶, En este sistema se supone que el contenido del reactor está mezclado completamente, que todas las reacciones ocurren en el tanque de aireación y que la concentración de

¹⁵ UNAD. Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales. Disponible en: http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358039/ContenidoLinea/leccion_21_lodos_activados.html.

¹⁶ ROMERO ROJAS. Jairo. Alberto. Tratamiento de Aguas Residuales-Teoría y Principios de Diseño. Editorial escuela Colombiana de Ingeniería. 1999. p. 498.

biomasa en el afluente es despreciable. La **Figura 47** muestra el esquema de flujo del sistema de mezcla completa con recirculación.

Figura 47. Sistema de mezcla completa con recirculación.



Se debe tener en cuenta el balance de masa para el líquido de mezcla completa, el cual se rige por la **Ecuación 14**.

Ecuación 14. Planteamiento general.

$$A = E - S + C$$

Dónde:

A=Acumulación de microorganismos dentro de los límites del sistema.

E=cantidad de Microorganismos que entran al sistema.

S=Cantidad de microorganismos que salen del sistema.

C= crecimiento neto de microorganismos dentro de los límites del sistema.

- **Comprobación del sistema biológico.** Para evaluar la implementación de esta alternativa.

$$\frac{DQO}{DBO} = \frac{3.958,77}{1800} = 2,20$$

Con base en el cálculo anterior, se dice que el agua de lácteos Levelma es tratable por métodos biológicos y se consideran degradables.

Los cálculos del diseño del sistema de tratamiento secundario con lodos activados de mezcla completa se muestran en el capítulo 6.

6. DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS Y TRATAMIENTO BIOLÓGICO

El presente capítulo muestra el diseño de los nuevos equipos utilizados para tratar el agua residual de lácteos Levelma, el rediseño de los equipos existentes dentro de las instalaciones de la empresa, y el diseño del sistema biológico de lodos activados, con el fin de mejorar la tratabilidad del agua. Los cálculos realizados para obtener el dimensionamiento de los equipos se muestran en el **Anexo H**.

6.1 HOMOGENIZACIÓN DE CAUDALES

El objetivo principal del tanque homogeneizador como se mencionó con anterioridad, es reducir los picos de temperatura, pH y caudal que pueden afectar las operaciones posteriores.

Debido a que, dentro de la planta se manejan temperaturas muy variables que en algunos casos sobrepasan los 40°C, la dilución de las grasas es un problema a mitigar, es por esto que se debe diseñar el tanque de homogenización antes de las trampas de grasa. El pH también es variable, por lo que no se tiene un control sobre las dosificaciones de neutralizante, es por esto que las operaciones posteriores de sedimentación no funcionan adecuadamente.

6.1.1 Diseño del tanque de homogenización. Como se mencionó con anterioridad, el objetivo principal de incorporar un tanque de homogenización es reducir las variaciones de caudal, pH y temperatura, puesto que con la implementación de este tanque no solo se aumenta la eficiencia del tratamiento en la PTAR, sino que se reducen costos porque se disminuye el factor de incertidumbre.

- **Cálculo del volumen del tanque de homogenización.** Teniendo en cuenta los valores obtenidos de caudal durante una semana de producción (**Anexo C**), se realizó el cálculo del caudal promedio por hora de las plantas de producción Levelma y Mantovani. La **Tabla 31** presenta los datos promedio de caudal por hora en una semana de producción de la planta Mantovani.

Tabla 31. Datos promedio de caudal por hora en una semana de producción de la planta Mantovani.

Periodo (horas de producción)	Caudal promedio (m ³ /s)	Volumen de agua por hora (m ³)	Flujo acumulado (m ³)
0	0,00x10 ⁺⁰	0,00 x10 ⁺⁰	0,00 x10 ⁺⁰
1	7,08 x10 ⁻⁶	2,55 x10 ⁻²	2,55 x10 ⁻²
2	6,22 x10 ⁻⁶	2,24 x10 ⁻²	4,79 x10 ⁻²
3	1,33 x10 ⁻⁵	4,80 x10 ⁻²	9,59 x10 ⁻²
4	2,92 x10 ⁻⁵	1,05 x10 ⁻¹	2,01 x10 ⁻¹
5	3,30 x10 ⁻⁵	1,19 x10 ⁻¹	3,20 x10 ⁻¹
6	5,52 x10 ⁻⁵	1,99 x10 ⁻¹	5,19e x10 ⁻¹
7	3,57 x10 ⁻⁵	1,29 x10 ⁻¹	6,47 x10 ⁻¹
8	4,40 x10 ⁻⁵	1,58 x10 ⁻¹	8,06 x10 ⁻¹
9	6,06 x10 ⁻⁵	2,18 x10 ⁻¹	1,02e x10 ⁺⁰
10	4,52 x10 ⁻⁵	1,63 x10 ⁻¹	1,19 x10 ⁺⁰

La **Tabla 32** presenta los datos promedio de caudal por hora en una semana de producción de la planta Levelma.

Tabla 32. Datos promedio de caudal por hora en una semana de producción de la planta Levelma.

Periodo (horas de producción)	Caudal promedio (m ³ /s)	Volumen de agua por hora (m ³)	Flujo acumulado (m ³)
0	0,00 x10 ⁺⁰	0,00 x10 ⁺⁰	0,00 x10 ⁺⁰
1	1,53 x10 ⁻⁴	5,52 x10 ⁻¹	5,52 x10 ⁻¹
2	1,47 x10 ⁻⁴	5,29 x10 ⁻¹	1,08 x10 ⁺⁰
3	1,32 x10 ⁻⁴	4,76 x10 ⁻¹	1,56 x10 ⁺⁰
4	2,21 x10 ⁻⁴	7,96 x10 ⁻¹	2,35 x10 ⁺⁰
5	1,98 x10 ⁻⁴	7,12 x10 ⁻¹	3,06 x10 ⁺⁰
6	3,17 x10 ⁻⁴	1,14 x10 ⁺⁰	4,21 x10 ⁺⁰
7	6,77 x10 ⁻⁴	2,44 x10 ⁺⁰	6,64 x10 ⁺⁰
8	4,10 x10 ⁻⁴	1,48 x10 ⁺⁰	8,12 x10 ⁺⁰
9	9,06 x10 ⁻⁴	3,26 x10 ⁺⁰	1,14 x10 ⁺¹
10	5,57 x10 ⁻⁴	2,00 x10 ⁺⁰	1,34 x10 ⁺¹

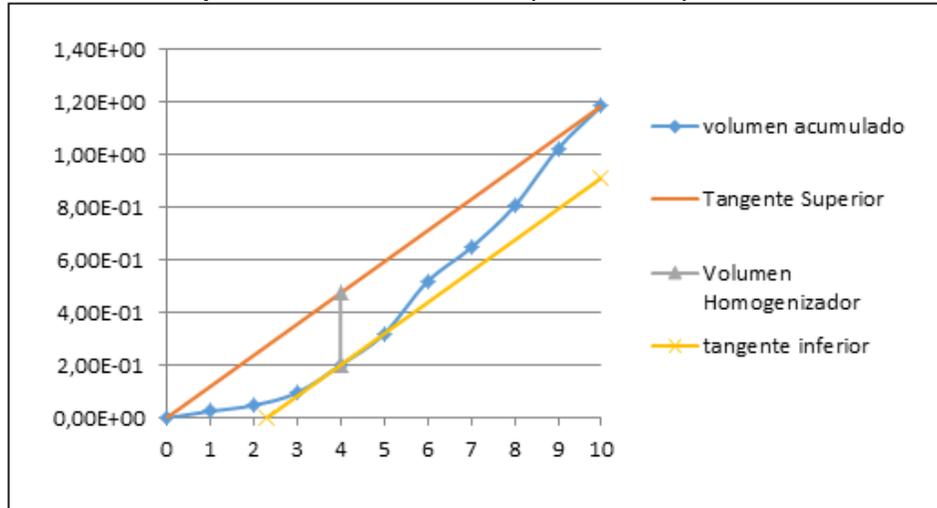
La suma de los flujos acumulados para Levelma y Mantovani es 14,59m³, valor que coincide con el balance hídrico realizado en el diagnóstico, donde esta cantidad de agua proviene únicamente del lavado de equipos.

“Para el cálculo del volumen del homogeneizador se realizó el diagrama de flujo acumulado vs horas al día para la descarga de Levelma y la descarga de

Mantovani, en el cual se trazan dos rectas La primera se traza sobre el punto más alto del caudal acumulado y la segunda sobre el punto más bajo del caudal acumulado. El volumen necesario para el tanque homogeneizador es igual a la distancia vertical entre las dos tangentes¹⁷.

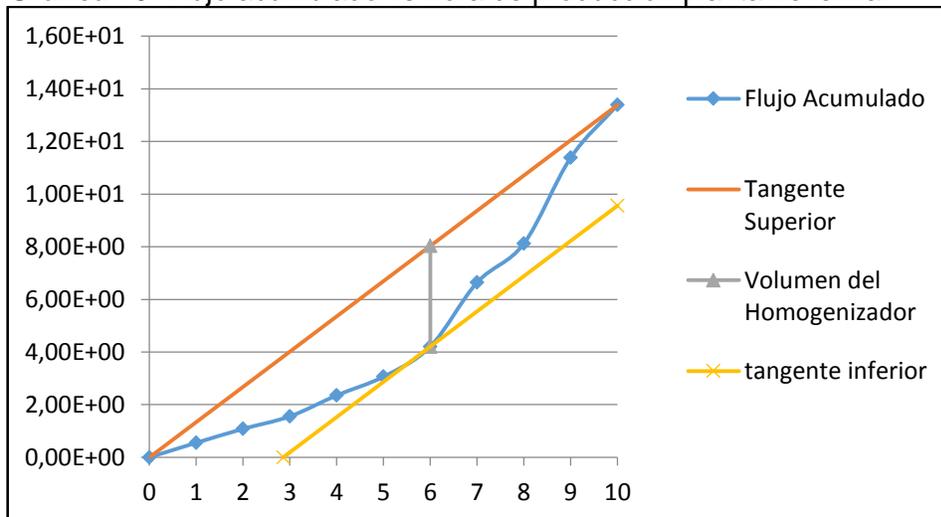
La **Gráfica 9** ilustra el flujo acumulado versus las horas de producción en la planta Mantovani.

Gráfica 9. Flujo acumulado vs hora de producción planta Mantovani.



La **Gráfica 10** ilustra el flujo acumulado versus las horas de producción de la planta Levelma.

Gráfica 10. Flujo acumulado vs hora de producción planta Levelma.



¹⁷ Ibid., p. 306.

Para reducir costos de instalación y por limitada área de instalación es necesario unir los afluentes de Levelma y Mantovani, por ende, el volumen del tanque de homogenización será la suma de los volúmenes de homogeneizador que se obtuvieron por el método gráfico en los **Gráficas 9 y 10**, para un valor calculado de 4,1 m³.

De acuerdo a lo planteado por Hernández y Leal¹⁸, y teniendo en cuenta que un diseño teórico debe tener un factor de seguridad (15%), se tiene que el cálculo del volumen final del homogeneizador arroja un valor de 4,72 m³.

Teniendo en cuenta los diseños comerciales que existen actualmente, las pérdidas por rozamiento con esquinas y lo planteado por Hernández y Leal¹⁹, el tanque de igualación tendrá forma cilíndrica y se tomará una relación H/D=1,5.

Con los cálculos del **Anexo H** se tiene que la altura del tanque es 2,38m y el diámetro es de 1,57m.

6.1.2 Diseño del agitador. Un tanque homogeneizador generalmente no utiliza un sistema de agitación, sin embargo, es conveniente utilizar un agitador, para asegurar la igualación de las cargas que entran al tanque.

Dentro de la revisión comercial, se encontró que la potencia requerida para mover este tipo de agitador es de 0.55 kW, con un motor que trabaje entre 40 y 60 rpm.

Para este diseño, se cotizó a la empresa ASSI S.A.S.

6.2 CRIBADO

Para el diseño de la rejilla, se propusieron 3 tamices de distinto tamaño de diámetro a los cuales se les realiza un análisis experimental para establecer cuál de estas rejillas presenta mejor retención de sólidos. La **Tabla 33** presenta las características de las rejillas.

Tabla 33. Características de las rejillas.

Rejilla	Diámetro (mm)	Característica
1	10	Metálica en acero inoxidable
2	1,7	
3	5	

Para efectos de orden, la **Tabla 34** especifica el orden de las capsulas.

¹⁸ HERNÁNDEZ ARIZALA, Diana y LEAL ROJAS, Paula Catherine. Ingeniería básica para un sistema para el tratamiento de aguas residuales en cárnicos rico jamón. 2009. p. 81.

¹⁹ *Ibíd.*, p. 81.

Tabla 34. Características de las capsulas utilizadas en la experimentación.

Cápsula	Aplicación	Rejilla
1		
2	Muestra sin filtrar	N.A
3		
4		1
5	Muestra Filtrada	2
6		3

En las **Figuras 48, 49 y 50** se muestra el diseño de las rejillas 1, 2 y 3.

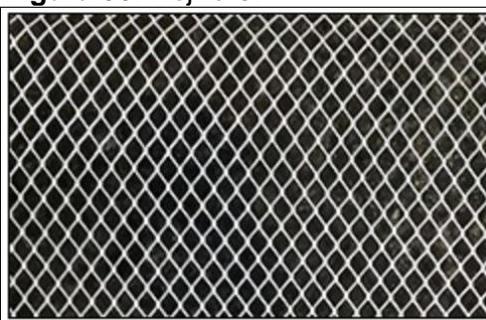
Figura 48. Rejilla1.



Figura 49. Rejilla 2.



Figura 50. Rejilla 3.



El análisis experimental de estas rejillas se lleva acabo de la siguiente manera:

Inicialmente se realiza el cribado una muestra compuesta utilizando cada rejilla por separado para llevarla posteriormente a una mufla y determinar mediante una diferencia de sólidos antes y después del cribado el porcentaje de remoción, evaluando de esta forma el tamiz que mejor trabaje para la PTAR.

El **Anexo I** muestra los cálculos de los sólidos totales de una muestra compuesta de agua residual de lácteos Levelma antes de filtrar y luego de filtrada con las mallas mencionadas.

El volumen de muestra recolectada y homogenizada fue de 1.000mL, de los cuales se utilizaron 10mL por cada cápsula de porcelana, para un total de 60mL de muestra analizada. La **Ecuación 15** presenta el cálculo de los sólidos totales.

Ecuación 15. Cálculo de los sólidos totales.

$$ST = \frac{(m_2 - m_1) * \frac{1.000 \text{ mL}}{1L}}{V}$$

Donde:

ST= Sólidos totales (mg)
 m₂= Masa cápsula más residuo (mg)
 m₁= Masa cápsula preparada (mg)
 V= Volumen muestra (mL)

6.2.1 Sólidos de la muestra sin filtrar. La **Tabla 35** presenta los datos obtenidos de la determinación de ST de la muestra sin filtrar.

Tabla 35. Datos obtenidos de la determinación de ST de la muestra sin filtrar.

Magnitud	Simbología	Cápsula	Cápsula	Cápsula
		1	2	3
		Valor		
Masa cápsula preparada (mg)	m ₁	67.555,4	64.724,4	64.559,3
Masa cápsula más residuo a 103-105°C (mg)	m ₂	67.695,7	65.049,7	64.771,9
Volumen muestra (mL)	V	10	10	10
Sólidos Totales (mg/L)	ST	14.030	32.530	21.267

6.2.2 Sólidos de la muestra filtrada. La **Tabla 36** presenta los datos obtenidos de la determinación de ST de la muestra filtrada.

Tabla 36. Datos obtenidos de la determinación de ST de la muestra filtrada.

Magnitud	Simbología	Cápsula	Cápsula	Cápsula
		4	5	6
		Valor		
Masa cápsula preparada (mg)	m_1	79.389,1	82.649,9	70.147,0
Masa cápsula más residuo a 103-105°C (mg)	m_2	79.518,7	82.771,4	70.237,8
Volumen muestra (mL)	V	10	10	10
Sólidos Totales (mg/L)	ST	12.960	12.150	9.080

6.2.3 Cálculo del porcentaje de remoción. Este cálculo se realiza con el fin de determinar que rejilla retiene más sólidos presentes en la muestra analizada. La **Ecuación 16** presenta el cálculo del porcentaje de sólidos removidos por la malla.

Ecuación 16. Porcentaje de sólidos removidos por la malla.

$$\% \text{ remoción} = \left(\frac{ST_I - ST_F}{ST_I} \right) * 100$$

Dónde:

ST_I = Sólidos Totales muestra sin filtrar.

ST_F =Sólidos Totales muestra filtrada.

- **Rejilla 1.**

$$\% \text{ remoción} = \left(\frac{14.030 - 12.960}{14.030} \right) * 100$$

% remoción = 7,62

- **Rejilla 2.**

$$\% \text{ remoción} = \left(\frac{32.530 - 12.150}{32.530} \right) * 100$$

% remoción = 62,65

- **Rejilla 3.**

$$\% \text{ remoción} = \left(\frac{21.267 - 9.080}{21.267} \right) * 100$$
$$\% \text{ remoción} = 57,30$$

Con los datos obtenidos anteriormente, se concluye que la rejilla que realiza una mejor retención de sólidos es la de $\varnothing=1$ mm.

6.2.3.1 Dimensionamiento de la rejilla. Esta rejilla se colocará como una operación posterior al tanque de homogenización, por lo que se encontrará en la salida del tubo que conecta el tanque de igualación con las trampas de grasa.

Como la rejilla se colocará sobre la primera trampa de grasas, tendrá dimensiones a las de la trampa de grasas (1,0 m de largo, 1,2 m de ancho y 0,02 m de alto).

6.2.3.2 Consideraciones de diseño. La rejilla debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La rejilla se debe colocar sobre la trapa de grasa, esta debe tener el mismo ancho y el mismo largo de los tanques.
- Los materiales de soporte y fabricación de la rejilla son y acero inoxidable respectivamente.
- La rejilla se debe ubicar debajo del tubo de salida del homogeneizador y antes del nivel máximo de la trampa de grasas.
- El soporte de la rejilla debe ser removible para facilitar la limpieza y remoción de los sólidos periódicamente.

6.3 TANQUE CLARIFICADOR

El tanque clarificador, también llamado tanque de sedimentación, utiliza agentes químicos (coagulantes y floculantes) para disminuir las cargas contaminantes presentes en el agua, tales como la turbidez, generada por la presencia de sólidos suspendidos y algunas cargas orgánicas.

El diseño de los tanques de sedimentación del sistema de tratamiento de aguas residuales actual, contempla dos tanques rectangulares con un agitador ubicado en el centro de estos como se observa en la **Figura 13**. Este diseño, presenta inconvenientes debido a que el agitador no tiene un perfil de mezcla adecuado,

debido a la geometría de los tanques rectangulares. Por esta razón, se ha tomado la decisión de re-diseñar los tanques de clarificación y dejar los tanques actuales como tanques de equilibrio antes de la clarificación. Por efectos del tratamiento en forma batch, se toma el volumen de agua tratada en un día que pasa por el tanque homogeneizador (**Tablas 31 y 32**).

De acuerdo con Romero²⁰, se establece una relación H_T/D de 1,5, con un porcentaje de seguridad de 15%.

Teniendo en cuenta los tanques actuales de clarificación (capacidad máxima de $18,63\text{m}^3$) y el volumen de agua acumulado que entra al homogeneizador ($14,59\text{m}^3$), se asume un porcentaje de seguridad del 10%, por lo que el volumen de llenado total es de $16,77\text{ m}^3 \approx 17\text{m}^3$.

Los tanques re-diseñados de clarificación trabajaran durante las 9 horas laborales, por lo que la cantidad de agua que entra por hora (Q_c) es $1,88\text{ m}^3$, donde se asume un porcentaje de seguridad en caso de rebose de 15%, por lo tanto, el $Q_c = 2,17\text{ m}^3$.

Según BARÓN²¹, para lograr un mejor aprovechamiento de los lodos con un mayor tiempo de retención, el tanque clarificador requiere una estructura cónica en la parte inferior que almacene un 10% de lodos.

Para realizar los cálculos, se debe tener en cuenta la **Figura 44** que muestra la jarra clarificada, con un total de sólidos de aproximadamente 20% del volumen de la jarra.

Tomando una función objetivo y resolviendo mediante la herramienta Solver (**Anexo I**) se tiene:

$\begin{aligned}H_{cilindro} &= 1,47m \\H_{cono} &= 0,49m \\D &= 1,30m \\H_{Total} &= 1,96 m\end{aligned}$
--

El proceso de clarificación se realizará de la siguiente forma:

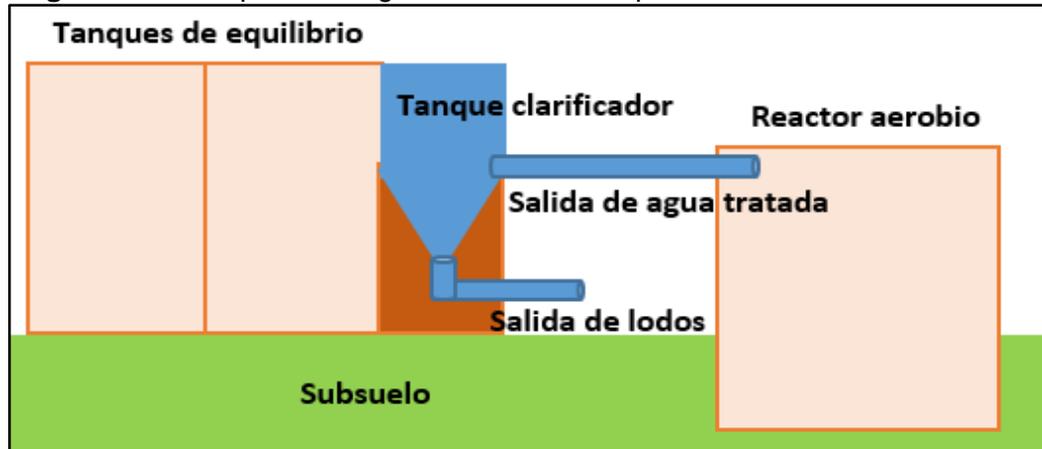
- Una vez que el tanque de equilibrio este lleno al final del día, se deja en reposo hasta el día siguiente para tener una mayor remoción de grasa.
- Al día siguiente se remueve la grasa y se procede a desocupar el tanque de equilibrio por medio de una bomba que trabaje en batch de $1,88\text{m}^3$ cada hora

²⁰ ROMERO ROJAS, Op., Cit., p. 1232.

²¹ BARÓN QUEVEDO, Christian Giovanni. Propuesta de mejoramiento en el sistema de tratamiento de aguas residuales de Productos Lácteos Pasco. Trabajo de grado ingeniero Químico. Bogotá D.C. Fundación Universidad de América. Facultad de ingenierías. Departamento de Ingeniería Química. 2009, p. 97.

hacia el tanque clarificador donde se realizara el tratamiento primario y luego de esto mediante gravedad se transporta e agua tratada hacia el reactor aerobio de lodos activados como se muestra en la **Figura 51**.

Figura 51. Transporte del agua del tratamiento primario al reactor de aireación.



6.3.1 Dosificación de los compuestos químicos en el tanque de clarificación.

Teniendo en cuenta que el tanque clarificador tiene un volumen de $2,17 \text{ m}^3$, a continuación, se calculan las dosificaciones de los compuestos utilizados en el tratamiento primario, tomando como referencia los datos obtenidos en el test de jarras del ensayo 6.

- **KOH.** Al realizar la curva de neutralización del **Gráfica 8**, se determinó que la dosis necesaria de KOH al 50% para neutralizar la muestra de 800mL desde un pH de 3,6 a un pH de 8,02, es de 4mL, que equivale a 2.500 ppm del compuesto. La dosificación óptima para la PTAR de Lácteos Levelma, se calcula por medio de la siguiente relación.

$$\begin{aligned}
 4\text{mL} &\rightarrow 800\text{mL} \\
 X \text{ mL} &\rightarrow 1,88 \text{ e}^6\text{mL} \\
 X \text{ mL} &= 9,4 \text{ e}^3\text{mL de KOH} \\
 \mathbf{X L} &= \mathbf{9,4 L de KOH}
 \end{aligned}$$

De acuerdo con la capacidad del tanque clarificador, se requieren 10,85 L de KOH como dosificación por tratamiento para llevar el pH de 3,60 a 8,02.

- **Dilución de KOH.** Como se trabajó una dilución al 50% o 500.000 ppm, para realizar la dilución escalada, se tiene:

$$\begin{aligned}
 500.000\text{mg} &\rightarrow 1\text{L} \\
 X \text{ mg} &\rightarrow 9,4\text{L} \\
 X \text{ mg} &= 4,7 \times 10^6 \text{ mg KOH} \\
 X \text{ kg} &= 4,7 \text{ kg KOH}
 \end{aligned}$$

Con el cálculo anterior, se obtiene una concentración de KOH al 50%, donde se diluyen 4,7 kg KOH en 9,4 L de agua, para obtener la cantidad necesaria de KOH que neutralizará la muestra.

- **Coagulante.** En el ensayo de jarras 6, se seleccionó el coagulante orgánico L-3866, donde se determinó la dosis adecuada de 875 ppm (7mL) para tratar una muestra de 800mL de agua residual. La dosificación óptima para la PTAR de Lácteos Levelma, tiene la siguiente relación:

$$\begin{aligned}
 7\text{mL} &\rightarrow 800\text{mL} \\
 X \text{ mL} &\rightarrow 1,88 \times 10^6 \text{ mL} \\
 X \text{ mL} &= 16,45 \times 10^3 \text{ mL de KOH} \\
 X \text{ L} &= 16,45 \text{ L de KOH}
 \end{aligned}$$

- **Dilución de Coagulante.** Como se trabajó una dilución al 10% o 100.000ppm, para realizar la dilución escalada, se tiene:

$$\begin{aligned}
 100.000\text{mg} &\rightarrow 1\text{L} \\
 X \text{ mg} &\rightarrow 16,45\text{L} \\
 X \text{ mg} &= 1,645 \times 10^6 \text{ mg de coagulante} \\
 X \text{ kg} &= 1,645 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Con el cálculo anterior, se obtiene una concentración de L-1688 al 10%, donde se diluyen 1,645 kg de coagulante en 16,45 L de agua, para obtener la cantidad necesaria de coagulante para tratar la muestra.

- **Floculante (L-1538).** En el ensayo de jarras 6, se seleccionó el floculante L-1538, donde se determinó la dosis adecuada de ppm (2mL) para tratar una muestra de 800mL de agua residual. La dosificación óptima para la PTAR de Lácteos Levelma, tiene la siguiente relación:

$$\begin{aligned}
 2\text{mL} &\rightarrow 800\text{mL} \\
 X \text{ mL} &\rightarrow 1,88 \times 10^6 \text{ mL} \\
 X \text{ mL} &= 4,7 \times 10^3 \text{ mL de floculante} \\
 X \text{ L} &= 4,7 \text{ L de floculante}
 \end{aligned}$$

- **Dilución Floculante.** Como se trabajó una dilución al 0,1% o 1.000 ppm, para realizar la dilución escalada, se tiene:

$$\begin{aligned}
 1g &\rightarrow 1L \\
 Xg &\rightarrow 4,7 L \\
 Xmg &= 4,7 \text{ de floculante} \\
 X kg &= 4,7 \times 10^{-3} \text{ kg de floculante}
 \end{aligned}$$

Con el cálculo anterior, se obtiene una concentración de L-1538 al 0,1%, donde se diluyen $4,7 \times 10^{-3}$ kg de floculante en 4,7 L de agua, para obtener la cantidad necesaria de coagulante para tratar la muestra.

6.3.2 Cantidad de químicos utilizados por día. La **Tabla 37**, muestra las cantidades que se utilizan de neutralizante, coagulante y floculante en el tratamiento diario de agua residual de lácteos Levelma.

Tabla 37. Cantidad de químico utilizado por día.

Químico	Dosificación por tratamiento (kg)	Cantidad utilizada por día	Cantidad en dilución por día (L)
Neutralizante	4,7	42,3 Kg	84,6
Coagulante	1,65	14,8 Kg	148,05
Floculante	$4,7 \times 10^{-3}$	$4,23 \times 10^{-2}$ Kg	42,3

6.4 DISEÑO DEL PROCESO DE LODOS ACTIVADOS

A continuación, se muestra el diseño teórico del sistema de tratamiento secundario con lodos activados, de mezcla completa (se provee una mezcla completa y continua mediante aireación mecánica o difusores) y el sistema de sedimentación secundario para la empresa Lácteos Levelma, planta Cajicá a una temperatura promedio de 20°C y cuyo caudal es de 13,6 m³/d de agua residual proveniente del tanque clarificador. Este valor del caudal se debe a que los tanques clarificadores tratan volúmenes de 1,88m³/h, por lo que en 9 horas laborales se tratarían 17m³, sin embargo, se retira el 20% en forma de lodos, por lo que el volumen de agua a la entrada del reactor será de m³/d.

El DBO reducido en la primera fase (tratamiento primario) es 1.800mg/L O₂ (teniendo en cuenta que el porcentaje de remoción fue de 54,5%) y el DQO reducido es 3.958,77 mg/L O₂ (teniendo en cuenta que el porcentaje de remoción fue de 60.5%). Se considera que el efluente (agua que de vierte al alcantarillado) tendrá una DBO máxima de 200 mg/L O₂. Los símbolos empleados en el diseño se muestran en el **Cuadro 20**.

Cuadro 20. Significado de los símbolos implicados en el diseño.

Símbolo	Significado
A/M o F/M	Relación alimento/microorganismos.
COV	Carga orgánica volumétrica del proceso.
DBO _e	DBO deseada en el efluente.
DO	Cantidad de oxígeno requerido.
E _s	Eficiencia en remoción de DBO soluble.
E _T	Eficiencia en remoción de DBO total.
E _{TO}	Eficiencia de transferencia de oxígeno.
K _d	Coefficiente de declinación endógena.
K _s	Constante de saturación del sustrato.
θ	Tiempo de retención hidráulico o de aireación.
θ _c	Tiempo promedio de retención celular o edad del lodo.
PVST	Porción volátil de sólidos totales.
P _X	Producción de lodo
Q	Caudal de agua residual en el afluente.
Q _{aire}	Caudal de aire real.
Q _{aireN}	Caudal de aire en condiciones normales.
Q _R	Caudal de recirculación.
Q _W	Caudal de lodos de desecho.
R	Relación de recirculación.
S ₀	DBO afluente.
S _e	DBO soluble del efluente
SS	Sólidos suspendidos del efluente
V	Volumen del reactor
X	Biomasa del reactor o concentración de SSVLM.
Y	Coefficiente de producción de crecimiento.

Se utilizan los coeficientes K, K_s, Y, K_d, que presentan valores previamente establecidos, como se muestra en la Tabla.

La **Tabla 38** presenta los coeficientes para los procesos de fangos activados.

Tabla 38. Coeficientes para los procesos de fangos activados.

Coefficiente	Unidades	Intervalo	Típico
K	d ⁻¹	2-10	5
K _s	mg/L DBO	25-100	50
	mg/L DQO	15-70	40
Y	mg SSV/mg DBO	0,4-0,8	0,6
K _d	d ⁻¹	0,025-0,075	0,06

Fuente: METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. México D.F. McGraw-Hill.

Los parámetros a tener en cuenta en un reactor de mezcla completa se muestran en la **Tabla 39**.

Tabla 39. Parámetros de diseño para los procesos de fangos activados.

Proceso	Θ_c , d	F/M, kg DBO	Carga volumétrica, kg DBO	SSLM, mg/L	V/Q, h	Q_R/Q
Mezcla completa	5-15	0,2-0,6	0,80-2,4	2.500-4.000	3-5	0,25-1

Fuente: METCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización. México D.F. McGraw-Hill.

6.4.1 Cálculo del reactor de lodos activados de mezcla completa. Teniendo en cuenta los diseños teóricos presentados por Metcalf & Eddy y los datos obtenidos del tratamiento primario, se toman como referencia los siguientes datos de partida presentados en la **Tabla 40**.

Tabla 40. Datos de partida del diseño.

Abreviatura	Valor
DBO _e	180 mg/L O ₂
S ₀	1.800mg/L O ₂
SS	50 mg/L
SSVLM	3.500 mg/L
Q	13,6 m ³ /d
Y	0,6 mg SSV/mg DBO
K _d	0,06 d ⁻¹
K _s	50 mg/L DBO
Θ_c	10 d
PVST	80%
E _{TO}	8%

- **Requisitos nutricionales.** Según Romero²², “Teóricamente, una relación de DBO/N/P de 100/5/1 es adecuada para el tratamiento aeróbico, con pequeñas variaciones según el tipo de proceso de tratamiento y modo de operación. Para tratamientos en procesos de mezcla completa de lodos activados se ha sugerido una relación DBO/N/P de 100/3/0,7”.

Para el sistema de tratamiento de lodos activados en Lácteos Levelma se tiene una DBO de 1800 mg/L O₂ reducida 54.5% en el tratamiento primario. El caudal a tratar es de 13,6m³/d (volumen que sale del tanque clarificador) y se asume que los compuestos disponibles para dosificación nutricional en el reactor son:

NH₃ anhídrido al 80%.
Na₃PO₄ al 75%.

²² ROMERO ROJAS, Op., Cit., p. 132.

Se debe determinar la cantidad de cada uno de los suplementos nutricionales requeridos.

$$N_{requerido} = \frac{DBO}{DBO/N} = \frac{1.800}{100/3} = \frac{1.800}{600} = 54 \frac{mg}{L}$$

$$P_{requerido} = \frac{DBO}{\frac{P}{100}} = \frac{1.800}{0,7} = \frac{1.800}{2.571} = 12,6 \frac{mg}{L}$$

$$N_{necesario} = 54 \frac{mg}{L} - 0,5 \frac{mg}{L} = 53,5 \frac{mg}{L}$$

$$P_{necesario} = 12,6 \frac{mg}{L} - 8,19 \frac{mg}{L} = 4,41 \frac{mg}{L}$$

Para un caudal de 13,6m³/d se necesitan:

$$N_{requerido} = 53,5 * 13,6e^{-3} = 0,73 \frac{kg}{d}$$

$$P_{requerido} = 4,41 * 13,6e^{-3} = 0,059 \frac{kg}{d}$$

Por lo tanto, se debe dosificar:

$$NH_3 \text{anhídrido al } 80\% = \frac{0,73 * 17}{14 * 0,8} = 1,11 \frac{kg}{d}$$

$$Na_3PO_4 \text{ al } 75\% = \frac{0,059 * 164}{31 * 0,75} = 0,42 \frac{kg}{d}$$

Por ende, de nitrógeno y fosforo se requiere 1,11kg y 0,42kg diarios, respectivamente, para alimentar el reactor.

- **Sólidos suspendidos del líquido mezcla.** La relación entre los sólidos suspendidos volátiles del licor de mezcla y los sólidos suspendidos es de 0,8. Los sólidos suspendidos del licor de mezcla se calculan mediante la **Ecuación 17**.

Ecuación 17. Relación SSVLM/SSML.

$$\frac{SSVLM}{SSLM} = 0,8$$

Dónde:

SSLM= Sólidos suspendidos del licor mezcla.

SSVM= Sólidos suspendidos líquido mezcla.

Reemplazando, se obtiene:

$$SSLM = \frac{3.500 \frac{mg}{L}}{0,8}$$

$$SSLM = 4.375 \frac{mg}{L}$$

Con base a los cálculos realizados en el **Anexo I**, la **Tabla 41** muestra los parámetros calculados en el desarrollo del diseño del reactor biológico.

Tabla 41. Parámetros calculados para el diseño del reactor aerobio.

Parámetro	Cantidad	Parámetro	Cantidad
NH ₃ (80%)	1,11Kg/d	P _x	8,58 Kg/d
Na ₃ PO ₄ (75%)	1,21 Kg/d	Q _w	0,89 m ³ /d
SSLM	4,375 mg/L	Q _R	7,8 m ³ /d
S _e	117 mg/L	R	0,57
V	24,52m ³	DO	1,30 KgO ₂ /d
θ	43 h	Q _{aire}	58,5 m ³ /d
A/M	0,28 d ⁻¹	COV	998,37 g DBO/m ³ d
E _T	0,90	E _s	0,93

- **Diseño del tanque sedimentador secundario del proceso de lodos activados.** El tanque sedimentador secundario es la última etapa del proceso de tratamiento de aguas residuales, de este tanque se extrae el agua tratada, y se realiza una recirculación de lodos al reactor aerobio y a su vez una purga. Teniendo en cuenta el balance general de caudal presentado en la **Ecuación 18** se realiza el cálculo del caudal de salida o del efluente.

Ecuación 18. Balance general de caudal en el sistema biológico.

$$Q + Q_R = Q_e + Q_R + Q_w$$

Simplificando la **Ecuación 18**, se obtiene:

$$Q = Q_e + Q_w$$

Reemplazando los datos calculados:

$$13,6 \frac{m^3}{d} = Q_e + 0,89 \frac{m^3}{d}$$

$$Q_e = 12,71 \frac{m^3}{d}$$

- **Concentración de SSV en el efluente.** La **Ecuación 19** presenta el cálculo de la concentración de SSV en el efluente.

Ecuación 19. Concentración de SSV en el efluente.

$$X_e = \frac{VX}{Q\theta_c}$$

Reemplazando:

$$X_e = \frac{(24,52m^3) * (3.500 \frac{g}{m^3})}{(13,6 \frac{m^3}{d}) * (10d)}$$

$$X_e = 631,03 \frac{g}{m^3}$$

El clarificador secundario tiene un volumen igual a lo que entra más un factor de seguridad teórico del 15% en caso de reboso.

Tomando una función objetivo y resolviendo mediante la herramienta Solver (Ver **Anexo J**) se tiene:

$$H_{cilindro} = 1,58m$$

$$H_{cono} = 0,53m$$

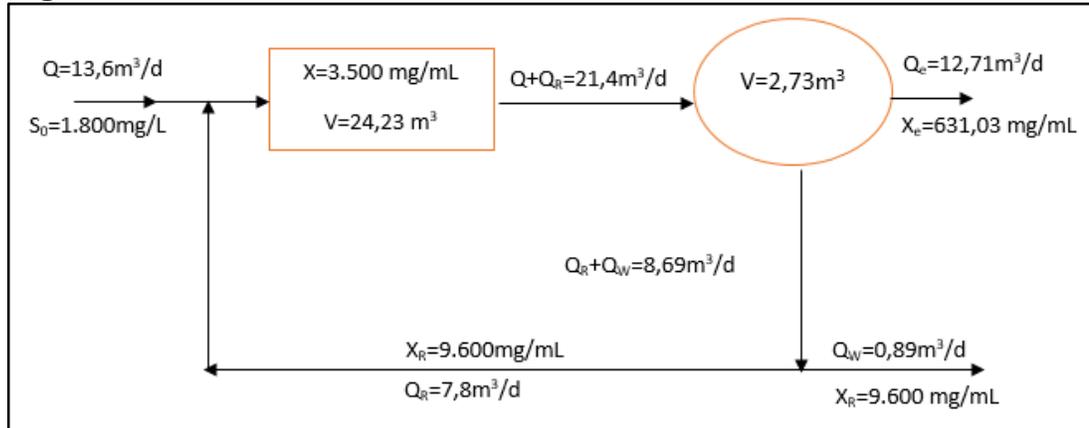
$$D = 1,41m$$

$$H_{Total} = 2,11 m$$

El clarificador trabajara de forma batch durante las 9 horas laborales. El proceso se realizará de la siguiente forma:

- Una vez que el reactor biológico este lleno se puede poner en marcha. Desocupando el tanque por medio de una bomba que trabaje en batch de 2,37m³ cada hora hacia el tanque clarificador donde se realizara mediante gravedad la separación de los lodos y el agua residual. La **Figura 52** ilustra el balance de masa en el sistema de lodos activados.

Figura 52. Balance de masa en el sistema de lodos activados.



El dimensionamiento de los equipos diseñados anteriormente se muestra en el **Anexo K**.

6.5 METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN

Teniendo en cuenta la alternativa de mejora elegida, se plantea el diseño metodológico de implementación, desarrollando cada operación de tratamiento. La **Figura 53** describe la metodología de implementación de la alternativa 3, teniendo en cuenta las operaciones que ayudaran a la mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales de lácteos Levelma.

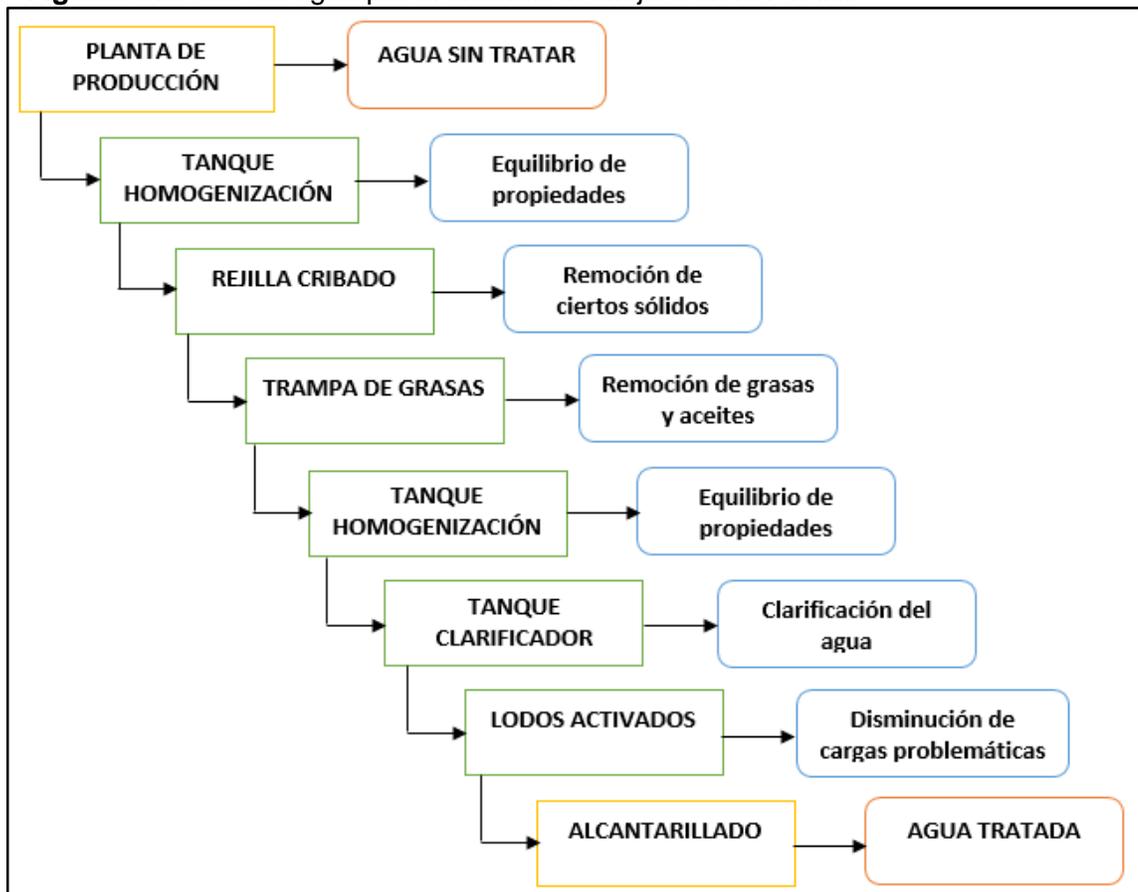
6.5.1 Funcionamiento de la planta de tratamiento de aguas residuales con la propuesta de mejora. Debido a que se agregaron algunas operaciones, el sistema de tratamiento de aguas residuales presenta cambio en su funcionamiento.

- **Primer día.** Al iniciar la producción de la empresa la planta se encuentra desocupada, pero se empieza a llenar el tanque homogeneizador el cual tiene una capacidad de $4,72 \text{ m}^3$. Cuando el homogeneizador llega a un volumen de $4,1 \text{ m}^3$ se comienzan a llenar las trampas de grasa las cuales están formadas por 4 tanques de $0,89 \text{ m}^3$ de capacidad, cada una con un tiempo de retención de 24-30 minutos. Después de que el agua completa su recorrido por las trampas de grasa y se le retira el material contaminante, esta es bombeada al tanque de equilibrio (Tanque 1) el cual consta de un volumen de almacenamiento de $18,63 \text{ m}^3$ y está diseñado para poder retener el agua de un día de producción. La operación de la PTAR termina hasta este punto en el día 1.
- **Segundo día.** Para el día 2, se realiza el mismo procedimiento de llenando del tanque homogeneizador y las trampas de grasa, y el almacenamiento en el tanque de equilibrio que se encuentra desocupado (Tanque 2). El Tanque 1 que se encuentra lleno con agua residual del día anterior, se va desocupando en volúmenes de $1,88 \text{ m}^3$ cada hora hacia el tanque de clarificación, donde el agua

recibe el tratamiento químico de neutralización, coagulación y floculación. Del clarificador, el agua tratada es transportada hacia el reactor aerobio con capacidad de 28,2 m³, donde este se llena con el agua residual con un tiempo de aireación de 43h. Cabe aclarar que, debido a las condiciones del reactor, esta es la única etapa del proceso que se mantendrá en continuo. La operación de la planta continua normal hasta el tercer día donde el reactor aerobio alcanzara su nivel máximo de capacidad.

- **Cuarto día.** El día 4 mantiene la misma operación batch hasta el clarificador como se trabajó en el día 2, y la operación en continuo del reactor. Una vez que el reactor alcance una capacidad de 24,52m³ el tanque sedimentador empezará a trabajar, dejando pasar el agua residual tratada para realizar el proceso de sedimentación. El sedimentador secundario tiene una capacidad de 2,37 m³, en este se lleva a cabo la última separación de lodos y agua gracias a la gravedad. El agua tratada es retirada y vertida al alcantarillado, mientras que los lodos generados son divididos, una parte para alimentar los microorganismos al inicio del reactor biológico y la otra es destinada a la disposición final igual que la del clarificador primario.

Figura 53. Paso del agua por el sistema de mejora en la PTAR.



El **Cuadro 21** muestra la metodología de arranque de la planta de tratamiento de aguas residuales de lácteos Levelma, con la propuesta de mejora.

Cuadro 21. Metodología de arranque de la planta de tratamiento de aguas residuales con la propuesta de mejora..

Puesta en marcha				
Dias laborales 9h	1	2	3	4
Tanque homogeneizador 1				
Rejilla Criba				
trampas de grasa				
Tanque homogeneizador 2, 1				
Tanque homogeneizador 2, 2				
Tanque clarificador				
Reactor aerobio				
tanque sedimentación				

7. ANÁLISIS DE COSTOS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA PARA LA MEJORA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LÁCTEOS LEVELMA

7.1 COSTOS ACTUALES DE LA PTAR

Los costos anuales actuales que presenta el sistema de tratamiento de aguas residuales de lácteos Levelma se presentan en seguida, sin tener en cuenta la propuesta de mejora.

7.1.1 Costos de mantenimiento. Especifican los costos de lavado de las etapas presentes en el tratamiento actual de agua residual de la empresa.

- **Lavado de la planta.** La planta de tratamiento de agua residual recibe un lavado semanal con agua y jabón en polvo. El agua utilizada en esta operación es agua lluvia recolectada en tanques de almacenamiento. Esta agua es recirculada mediante tuberías a la misma planta de tratamiento.

Este lavado lo realiza el operario los días sábados, donde se tapona el tubo de salida de las plantas de producción Mantovani y Levelma. Posterior a esto se desocupa la PTAR y se realiza el lavado, utilizando un volumen aproximado de agua lluvia de 500L.

Como el lavado se realiza con agua lluvia, este no le genera un costo a la empresa, en términos de agua utilizada.

Como se mencionó con anterioridad, el lavado de la planta se realiza con jabón en polvo marca DERSA, el mismo que se utiliza en el lavado de equipos. Se utiliza aproximadamente 500 g de jabón. El costo por lavada, del jabón se muestra en la **Tabla 42**.

Tabla 42. Costo del jabón en polvo utilizado para lavado de la PTAR.

Jabón	Cantidad utilizada (Kg)	Precio
En polvo	1.0	\$4.700

La **Ecuación 20** presenta el cálculo del costo del jabón en polvo por mes.

Ecuación 20. Costo del jabón en polvo por mes.

$$C_{JP} = C_D * D_L$$

Dónde:

C_{JP} =Costo jabón en polvo al mes.

C_D = costo jabón en polvo diario.

D_L = Días lavado PTAR.

$$C_{JP} = \frac{\$4700}{\text{día}} * \frac{4 \text{ días}}{\text{mes}}$$

$$C_{JP} = \frac{\$18.800}{\text{mes}}$$

7.1.2 Costos de operación. Especifican los gastos de energía de los equipos, el costo de los compuestos utilizados en el tratamiento y el salario del trabajador que se encarga de operar la PTAR.

7.1.2.1 Gasto energético de las bombas y motor de agitación. Como se comentó en el capítulo 3, la planta de tratamiento de aguas residuales cuenta con 2 bombas. La primera es la bomba de succión de agua, ubicada luego de las trampas de grasa y la segunda es la bomba que transporta el agua desde el tanque de almacenamiento de la planta Mantovani hacia la PTAR. También se cuenta con un motor de agitación que consume energía. La **Tabla 43** presenta el costo de operación de las bombas de la PTAR.

Tabla 43. Costo de operación de las bombas de la PTAR.

Equipo	Potencia (kW)	Costo por kW
Bomba PTAR	2,24	\$421.1953
Bomba Mantovani	2,24	\$431.9296
Motor de agitación	0,37	\$421.1953

- La bomba de la PTAR succiona agua por aproximadamente 2,5 min, 4 veces por hora, por ende, durante las 10h laborales de la empresa Lácteos Levelma, esta bomba succiona agua 40 veces al día.

$$Bomba PTAR = \frac{2,5 \text{ min}}{\text{succión}} * \frac{40 \text{ succiones}}{\text{día laboral}} = 100 \frac{\text{min}}{\text{día laboral}}$$

$$Bomba PTAR = \frac{100 \text{ min}}{\text{día laboral}} * \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 1,67 \frac{\text{h}}{\text{día laboral}}$$

$$Bomba PTAR = \frac{1,67 \text{ h}}{\text{día laboral}} * \frac{26 \text{ día laboral}}{1 \text{ mes}} = 43,33 \frac{\text{h}}{\text{mes}}$$

- Una vez que se tiene cuantas horas trabaja la bomba al mes, se procede a calcular cuántos kW se utilizan al mes y el costo de este.

$$\begin{aligned}
 \text{Bomba PTAR} &= \frac{43,33 \text{ h}}{\text{mes}} * \frac{2,24 \text{ kW}}{\text{h}} = 9,06 \frac{\text{kW}}{\text{mes}} \\
 \text{Bomba PTAR} &= \frac{97,06 \text{ kW}}{\text{mes}} * \frac{\$421.1953}{\text{kW}} = \frac{\$ 4.0884}{\text{mes}}
 \end{aligned}$$

- La bomba de Mantovani succiona aproximadamente 1,19 m³ de agua al día de acuerdo a la **Tabla 31** y la bomba de la PTAR succiona 14,59 m³ de agua al día basado en la **Tabla 32** y como las bombas tienen la misma potencia se puede calcular la relación.

$$\begin{aligned}
 \text{Bomba Mantovani} &= \frac{1,19 \text{ m}^3}{\text{día laboral}} * \frac{\frac{97,06 \text{ kW}}{\text{mes}}}{\frac{14,59 \text{ m}^3}{\text{día laboral}}} = \frac{7,92 \text{ kW}}{\text{mes}} \\
 \text{Bomba Mantovani} &= \frac{7,92 \text{ kW}}{\text{mes}} * \frac{\$431.9296}{\text{kW}} = \frac{\$ 3.422}{\text{mes}}
 \end{aligned}$$

- El motor de agitación de los tanques de sedimentación funciona una vez por día durante aproximadamente 0.5 horas.

$$\begin{aligned}
 \text{agitador del sedimentador} &= \frac{0,5 \text{ h}}{\text{día laboral}} * \frac{26 \text{ día laboral}}{1 \text{ mes}} = 13 \frac{\text{h}}{\text{mes}} \\
 \text{agitador del sedimentador} &= \frac{13 \text{ h}}{\text{mes}} * \frac{0,37 \text{ kW}}{\text{h}} = 4,81 \frac{\text{kW}}{\text{mes}} \\
 \text{agitador del sedimentador} &= \frac{4,81 \text{ kW}}{\text{mes}} * \frac{\$421.1953}{\text{kW}} = \frac{\$ 2.026}{\text{mes}}
 \end{aligned}$$

El total del costo de operación de las bombas y el tanque de sedimentación actuales se muestran en la **Tabla 44**.

Tabla 44. Costo de los equipos utilizados en la PTAR.

Equipo	Costo operación al mes
Bomba PTAR	\$40.884
Bomba Mantovani	\$3.422
Motor Agitación Tanque sedimentación	\$2.026
TOTAL	\$46.332

7.1.2.2 Compuestos químicos. El capítulo 3, menciona el uso del coagulante sulfato de aluminio, de un floculante (polímero) desconocido y de cal para la neutralización del pH. Se debe tener en cuenta que el floculante se encontraba en la empresa antes del cambio de administración, por lo que no se tienen registros de compra; por ende, se omitirá este valor dentro del cálculo de los costos de los compuestos químicos utilizados.

La **Tabla 45** muestra los costos de los compuestos químicos utilizados dentro de la PTAR, teniendo en cuenta las dosificaciones presentadas en la **Tabla 3**.

Tabla 45. Costos de los compuestos químicos utilizados actualmente.

Compuesto Químico	Dosificación por tratamiento (Kg)	N° de tratamientos al día	Precio compuesto por Kg	Precio por tratamiento diario
Sulfato de aluminio	25	1	\$1.624	\$40.600
Cal hidratada	15	1	\$780	\$11.700
Costo total de compuestos químicos por día				\$52.300

Con los datos obtenidos en la **Tabla 45** se procede a calcular el costo mensual de los compuestos químicos utilizados en la PTAR. Los cálculos se muestran en la **Ecuación 21**.

Ecuación 21. Cálculo del costo mensual de los compuestos químicos.

$$C_{CQ} = C_D * D_P * S_P$$

Dónde:

- C_{CQ} = Costo compuestos químicos al mes
- C_D = Costo compuestos químicos al día
- D_P = Días de producción a la semana.
- S_P = Semanas de producción al mes.

$$C_{CQ} = \frac{\$52.300}{\text{día}} * \frac{5 \text{ días}}{1 \text{ semana}} * \frac{4 \text{ semanas}}{1 \text{ mes}}$$

$$C_{CQ} = \frac{\$1.046.000}{\text{mes}}$$

7.1.2.3 Operario de la PTAR. La planta de tratamiento de aguas residuales es manejada por un solo operario, quien también se encarga de los oficios varios de la empresa. Debido a que el salario mensual del operario incluye el trabajo en la PTAR, el cálculo del salario por operar la planta se calcula en base al costo de la hora laboral y las horas dedicadas al cuidado del sistema de tratamiento de aguas residuales. La **Tabla 46** presenta el salario mensual del operario de planta.

Tabla 46. Salario mensual del operario de la planta.

Trabajador	Salario mensual
Trabajador oficios varios Lácteos Levelma	\$1.177.000

Teniendo en cuenta que el operario de la PTAR es el mismo trabajador que se encarga de atender los oficios varios de la empresa, se tiene:

$$\frac{\$1.177.000 \text{ mes}}{24 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{10 \text{ h}} = \$4.904 \text{ hora laboral}$$

En el monitoreo, mantenimiento y lavado de la PTAR se gastan aproximadamente 20h semanales, por lo tanto, el salario del operario de la PTAR, está dado de la siguiente manera:

$$\$4.904 * 20h * 4 \text{ semanas} = \$392.320$$

7.1.3 Análisis de costos actual. Teniendo en cuenta los costos calculados anteriormente, se realizó el análisis de costos anual actual que presenta la PTAR sin la propuesta de mejora. Los costos se muestran en la **Tabla 47**.

Tabla 47. Costo actual de la PTAR por mes.

Ítem	Costo mensual (\$)
Lavado de la PTAR	\$18.800
Bombas	\$46.332
Compuestos Químicos	\$1.046.000
Operario de la PTAR	\$392.320
Costo actual de la PTAR por mes	\$1.503.452

Por ende, en el año, la empresa Lácteos Levelma gasta **\$18'041.424** en mantenimiento y operación de la PTAR.

7.2 COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

A continuación, se muestran los costos en los que puede incurrir la empresa al realizar la implementación de la propuesta de mejora.

7.2.1 Instalación de nuevos equipos. Debido a que la propuesta de mejora implica la adición de nuevas etapas de tratamiento, se realizó una cotización del costo de instalación de los nuevos equipos utilizados en la propuesta. La **Tabla 48** presenta los costos de instalación de los equipos.

Tabla 48. Costo de instalación de los equipos.

Equipo	Costo
Tanque homogeneizador 1	\$7.700.000
Agitador del tanque homogeneizador	\$6.900.000
Bomba homogeneizador 2-clarificador	\$1.500.000
Tanque clarificador	\$7.700.000
Agitador del tanque clarificador	\$9.300.000
Reactor aerobio	\$25.700.000
Sedimentador secundario	\$7.700.000
TOTAL	\$66.500.000
TOTAL + IVA (16%)	\$77.140.000

7.2.2 Costos operación y mantenimiento. Estos costos se refieren al valor monetario que generan los lavados de la PTAR, el gasto energético de los equipos, los compuestos químicos, etc.

7.2.2.1 Lavado de la planta. La planta de tratamiento de agua residual seguirá recibiendo un lavado general semanal con agua y jabón en polvo. El agua utilizada seguirá siendo agua lluvia recolectada en tanques, por lo que no generará un sobre costo.

El jabón a utilizar segura siendo DERSA, y la cantidad utilizada aumentara con respecto al tratamiento actual que se maneja en la PTAR, debido a que ahora se cuenta con un tanque de homogenización de 4,55m³ de capacidad y una rejilla de cribado. La **Tabla 49** presenta el costo del jabón en polvo utilizado para el lavado de la PTAR.

Tabla 49. Costo del jabón en polvo utilizado para lavado de la PTAR.

Jabón	Cantidad utilizada (Kg)	Precio
En polvo	2	\$9.400

Teniendo en cuenta la ecuación. Se procede a calcular el costo del jabón en polvo por mes.

$$C_{JP} = \frac{\$4.700}{\text{día}} * \frac{4 \text{ días}}{\text{mes}}$$
$$C_{JP} = \frac{\$37.600}{\text{mes}}$$

7.2.2.2 Gasto energético de las bombas y agitadores. Como se comentó en el capítulo 3, la planta de tratamiento de aguas residuales cuenta con 2 bombas, que trabajan durante todo el día de producción. La primera es la bomba de succión de

agua, ubicada luego de las trampas de grasa y la segunda es la bomba que transporta el agua desde el tanque de almacenamiento de la planta Mantovani hacia la PTAR. La **Tabla 50** presenta el costo de operación de las bombas de la PTAR.

Tabla 50. Costo de operación de las bombas de la PTAR.

Equipo	Potencia (kW)	Costo por kW
Bomba PTAR 1	2,24	\$421,1953
Bomba PTAR 2	2,24	\$421,1953
Bomba Mantovani	2,24	\$431,9296
Agitador tanque clarificación	0.55	\$421,1953
Agitador tanque homogenización	0.55	\$421,1953

- La bomba de la PTAR 1 es la que transporta el agua desde las trampas de grasas hasta los tanques de homogenización secundarios y seguirá su funcionamiento normal como se mencionó anteriormente, por lo que el costo de operación no cambia y equivale a un valor de \$40.884 al mes.
- La bomba de la PTAR 2 la bomba que se encarga de pasar el agua del tanque de equilibrio al primer clarificador, por lo tanto, esta transporta la misma cantidad de agua que la bomba encargada de transportar el agua de las trampas de grasa al tanque de equilibrio, entonces su costo de operación equivale a un valor de \$40.884 al mes.
- La bomba de Mantovani seguirá su funcionamiento normal como se mencionó anteriormente, por lo que el costo de operación no cambia y equivale a un valor de \$3.422 al mes.
- El motor de agitación del tanque de homogenización funciona 10 horas al día.

$$\begin{aligned}
 \text{agitador del homogenizador} &= \frac{10 \text{ h}}{\text{dia laboral}} * \frac{26 \text{ dia laboral}}{1 \text{ mes}} = 260 \frac{\text{h}}{\text{mes}} \\
 \text{agitador del homogenizador} &= \frac{260 \text{ h}}{\text{mes}} * \frac{0,55 \text{ kW}}{\text{h}} = 143 \frac{\text{kW}}{\text{mes}} \\
 \text{agitador del homogenizador} &= \frac{143 \text{ kW}}{\text{mes}} * \frac{\$421,19}{\text{kW}} = \frac{\$ 6.023}{\text{mes}}
 \end{aligned}$$

- El motor de agitación de los tanques de clarificación se ha modificado, debido a que el anterior no presentaba un adecuado funcionamiento. Este motor tiene una potencia de 0.55kW y trabaja una vez por día durante aproximadamente 0.5 horas.

$$\begin{aligned}
 \text{agitador del clarificador} &= \frac{0.5 \text{ h}}{\text{dia laboral}} * \frac{26 \text{ dia laboral}}{1 \text{ mes}} = 13 \frac{\text{h}}{\text{mes}} \\
 \text{agitador del clarificador} &= \frac{13 \text{ h}}{\text{mes}} * \frac{0,55 \text{ kW}}{\text{h}} = 7,15 \frac{\text{kW}}{\text{mes}} \\
 \text{agitador del clarificador} &= \frac{7,15 \text{ kW}}{\text{mes}} * \frac{\$421.1953}{\text{kW}} = \frac{\$ 3.012}{\text{mes}}
 \end{aligned}$$

El total del costo de operación de las bombas, el tanque de clarificación y el tanque de homogenización con la propuesta de mejora se muestran en la **Tabla 51**.

Tabla 51. Costo operación equipos con la propuesta de mejora.

Equipo	Costo operación al mes
Bomba PTAR 1	\$40.884
Bomba PTAR 2	\$40.884
Bomba Mantovani	\$3.422
Motor Agitación Tanque homogeneizador	\$6.023
Motor Agitación Tanque clarificación	\$3.012
TOTAL	\$94.225

7.2.2.3 Compuestos químicos presentes en el tratamiento. De acuerdo al test de jarras realizado, la neutralización de la muestra y las dosificaciones especificadas para el sistema de tratamiento de aguas residuales de Lácteos Levelma, se obtiene la siguiente información con respecto a los costos de los químicos utilizados. La **Tabla 52** presenta los costos de los químicos utilizados en el tratamiento.

Tabla 52. Costos de los químicos utilizados en el tratamiento.

Compuesto Químico	Dosificación por tratamiento al día	N° de tratamientos al día	Precio compuesto (Kg)	Precio por tratamiento diario
Coagulante	14,8 Kg	1	\$5.500	\$81.400
Floculante	4,23 e ⁻² Kg	1	\$12.600	\$532,98
KOH	42,3 Kg	1	\$4.500	\$249.570
Costo total de compuestos químicos por día				\$331.503

Por ende, la empresa gastaría \$83'538.756 anual, en compuestos químicos para tratar el agua.

7.2.2.4 Operario de la PTAR. Como se mencionó con anterioridad la planta de tratamiento de aguas residuales es manejada por un solo operario. Debido a la que la alternativa elegida contempla nuevos equipos, el número de horas utilizadas por

el operario para monitorear, controlar y hacer el mantenimiento de la planta aumenta.

Teniendo en cuenta la **Tabla 46** El salario mensual del encargado de oficios varios es \$1'177.000. Por lo que el salario por operar la PTAR está calculado de la siguiente manera:

$$\frac{\$1.177.000 \text{ mes}}{24 \text{ días}} * \frac{1 \text{ día}}{10 \text{ h}} = \$4.904 \text{ hora laboral}$$

En el monitoreo, mantenimiento y lavado de la PTAR se gastan aproximadamente 25h semanales, por lo tanto, el salario del operario de la PTAR, está dado de la siguiente manera:

$$\$4.904 * 25h * 4 \text{ semanas} = \$490.400$$

7.2.3 Análisis de costos con la alternativa de mejora. Teniendo en cuenta los costos calculados anteriormente, se realizó el análisis de costos en que incurría la empresa al realizar la implementación que presenta la PTAR con la propuesta de mejora. Los costos se muestran en la **Tabla 53**.

Tabla 53. Costo actual de la PTAR por mes.

Ítem	Costo mensual (\$)
Lavado PTAR	\$37.600
Instalación nuevos equipos	\$77.140.000
Bombas y agitadores	\$94.225
Compuestos Químicos	\$6.961.563
Operario de la PTAR	\$490.400
Costo actual de la PTAR por mes	\$84.723.788

Por ende, en el año, la empresa Lácteos Levelma gasta \$ en mantenimiento y operación de la PTAR.

7.2.4 Costos por lavados de equipos en la planta de producción antes de la propuesta de mejora. Los costos de lavado se evalúan únicamente con los agentes químicos utilizados (jabón y desinfectantes), con los que actualmente se realiza el lavado, como se muestra en la **Tabla 54**.

Tabla 54. Costo de los productos de lavado de equipos en la planta de producción.

Producto	Costo	Cantidad utilizada por mes (L)	Costo por mes
Saniclin	\$483.580 por 20L	20	\$483.580
Quatersan	\$1'051.920 por 20L	20	\$1.051.920
Econochlor	\$5.740 por L	25	\$143.500
TOTAL AL MES			\$1.679.000

Por ende, al año, la empresa gasta \$ 20.148.000 en compuestos químicos para el lavado de equipos en la planta de producción.

7.2.5 Costos por lavados de equipos en la planta de producción con la propuesta de mejora. Los costos de lavado se evalúan únicamente con los agentes químicos utilizados (jabón y desinfectantes), con los que actualmente se realiza el lavado, como se muestra en la **Tabla 55**.

Tabla 55. Costo de los productos de lavado de equipos en la planta de producción.

Producto	Costo (por 20kg)	Cantidad utilizada por mes (Kg)	Costo por mes
Ultra Brite	\$139.200	20	\$139.200
Lacty-CIP-I	\$122.728	20	\$122.728
Titán 15%	\$292.784	20	\$292.784
TOTAL			\$554.712

Por ende, al año, la empresa gasta \$6.656.544 en compuestos químicos para el lavado de equipos en la planta de producción.

7.2.6 Sanciones y sellamiento.

7.2.6.1 Sanciones. En términos técnicos y económicos, las sanciones son un problema crítico que las empresas enfrentan por incumplir las normatividades que exige la ley.

En materia ambiental, los entes especializados se han encargado no solo de impartir sanciones, sino también de cerrar establecimientos que atenten contra las normas protectoras del medio ambiente.

En el caso de lácteos Levelma, las sanciones se centran en los vertimientos que pueden afectar la calidad del agua del alcantarillado de Cajicá. Partiendo de este hecho y teniendo en cuenta la normatividad ambiental revisada en el Capítulo 1, se procede a calcular las posibles sanciones que puede recibir la empresa sino cumple la resolución 0631 de 2015.

En el artículo 7 de la Resolución 2086 de 2010, muestra las calificaciones que se pueden colocar para cada uno de los ítems evaluados.

Reemplazando en la **Ecuación 1** los valores de la **Tabla 2**, se tiene:

$$I = (3 * 4) + (2 * 1) + 3 + 1 + 1$$
$$I = 17$$

Una vez que se tiene la importancia de la afectación, se procede a calcular el valor monetario de la multa que se puede aplicar. El cálculo tiene en cuenta la **Ecuación 2**:

Reemplazando en la Ecuación 2, se obtiene:

$$i = (22,06 * \$689.454) * 17$$
$$i = \$258.559.039$$

7.2.6.2 Sellamiento. Se debe tener en cuenta que el sellamiento de la empresa por motivo ambiental es consecuencia de varios llamados de atención y reiteraciones en los errores que los entes encargados (Empresa de servicios públicos de Cajicá, secretaria de ambiente y CAR) han dado a conocer a la empresa durante el proceso de seguimiento ambiental. Los sellamientos se dan por incumplimiento de la legislación, cuando la empresa ha hecho caso omiso a los llamados de atención presentados por los entes administrativos ambientales. Cabe aclarar que un sellamiento es consecuencia de un proceso largo realizada la empresa que está incumpliendo la normatividad.

En el caso de lácteos Levelma, el ente que se encarga del seguimiento es la empresa de servicios públicos de Cajicá, quienes notifican a la secretaria de ambiente y estos a su vez a la CAR, quienes realizan visitas de monitoreo y dado el caso que la empresa no esté realizando algo para mitigar el daño ambiental, se procede a realizar el sellamiento de la fábrica o establecimiento comercial.

Si fuera de un día, la empresa tendría que detener sus actividades de producción y por lo tanto perdería **\$49.300.000** (incluyendo gastos directos e indirectos) y si fuera durante una semana completa, el valor se incrementaría a **\$295.800.000**, lo que en definitiva sería una pérdida considerable para la empresa.

7.2.7. Flujo de caja. Las Figuras 55 y 56 muestran el flujo de caja del sistema actual de tratamiento de aguas residuales y el sistema de tratamiento de aguas residuales con propuesta de mejora, respectivamente.

Figura 54. Flujo de caja del sistema actual de tratamiento de aguas residuales.

													Total	
Total Ingresos													\$0	
													Meses	
													Total	
Egresos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Total Inversión	\$0													\$0
Lavado PTAR		\$18.800	\$18.800	\$18.800	\$18.800	\$18.800	\$18.800	\$18.800	\$18.800	\$18.800	\$18.800	\$18.800	\$18.800	\$225.600
Costo energético equipos		\$46.332	\$46.332	\$46.332	\$46.332	\$46.332	\$46.332	\$46.332	\$46.332	\$46.332	\$46.332	\$46.332	\$46.332	\$555.984
Compuestos Químicos		\$1.046.000	\$1.046.000	\$1.046.000	\$1.046.000	\$1.046.000	\$1.046.000	\$1.046.000	\$1.046.000	\$1.046.000	\$1.046.000	\$1.046.000	\$1.046.000	\$12.552.000
Operario PTAR		\$392.320	\$392.320	\$392.320	\$392.320	\$392.320	\$392.320	\$392.320	\$392.320	\$392.320	\$392.320	\$392.320	\$392.320	\$4.707.840
Lavado equipos producción		\$1.679.000	\$1.679.000	\$1.679.000	\$1.679.000	\$1.679.000	\$1.679.000	\$1.679.000	\$1.679.000	\$1.679.000	\$1.679.000	\$1.679.000	\$1.679.000	\$20.148.000
Posible multa o sellamiento								\$258.559.039				\$5.916.000.000		
Total Egresos	\$0	\$3.182.452	\$3.182.452	\$3.182.452	\$3.182.452	\$3.182.452	\$3.182.452	\$261.741.491	\$3.182.452	\$3.182.452	\$3.182.452	\$5.919.182.452	\$3.182.452	\$6.212.748.463

Figura 55. Flujo de caja del sistema actual de tratamiento de aguas residuales.

													Total	
Total Ingresos													\$0	
													Meses	
													Total	
Egresos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Total Inversión	\$77.140.000													\$77.140.000
Lavado PTAR		\$37.600	\$37.600	\$37.600	\$37.600	\$37.600	\$37.600	\$37.600	\$37.600	\$37.600	\$37.600	\$37.600	\$37.600	\$451.200
Costo energético equipos		\$94.225	\$94.225	\$94.225	\$94.225	\$94.225	\$94.225	\$94.225	\$94.225	\$94.225	\$94.225	\$94.225	\$94.225	\$1.130.700
Compuestos Químicos		\$6.961.563	\$6.961.563	\$6.961.563	\$6.961.563	\$6.961.563	\$6.961.563	\$6.961.563	\$6.961.563	\$6.961.563	\$6.961.563	\$6.961.563	\$6.961.563	\$83.538.756
Operario PTAR		\$490.400	\$490.400	\$490.400	\$490.400	\$490.400	\$490.400	\$490.400	\$490.400	\$490.400	\$490.400	\$490.400	\$490.400	\$5.884.800
Lavado equipos producción		\$554.712	\$554.712	\$554.712	\$554.712	\$554.712	\$554.712	\$554.712	\$554.712	\$554.712	\$554.712	\$554.712	\$554.712	
Total Egresos	\$77.140.000	\$8.138.500	\$174.802.000											

- **Sistema de tratamiento actual de aguas residuales.** Como se vio en capítulos anteriores, el sistema actual que maneja la PTAR no permite el cumplimiento de la normatividad vigente ambiental. Si no se toman medidas de mejora, la empresa puede acarrear sanciones y futuros sellamientos que se convertirían en egresos.
- **Sistema de tratamiento de aguas residuales con la propuesta de mejora.** El sistema de la PTAR con mejora, permite que el agua residual cumpla la resolución vigente, por ende, la empresa puede evitar sanciones y sellamientos,

Como se observa en las figuras 55 y 56, ninguno de los dos sistemas presenta ingresos tangibles. El sistema actual de tratamiento de aguas residuales genera egresos anuales por \$6.212.748.463 y el sistema con la propuesta de mejora presenta egresos por \$174.802.000, con lo cual se evidencia la viabilidad de la propuesta de mejora en el sistema de tratamiento de aguas residuales de lácteos Levelma, debido a que se evitan sanciones y posibles sellamientos.

7.3. Análisis final de la propuesta de mejora. Basados en los cálculos realizados anteriormente se logra observar la importancia de la propuesta frente a un nivel económico favorable. De igual forma se aclara que los valores obtenidos pueden variar de acuerdo a la operatividad deseada por la empresa (manual, automática o semiautomática) y el tiempo en que se logre realizar la implementación.

Los cálculos anteriores fueron realizados de buena fe.

8. CONCLUSIONES

- El sistema El sistema de tratamiento de aguas residuales de lácteos Levelma recibe agua contaminada desde dos puntos; la planta de producción Levelma y Mantovani, que aportan un caudal promedio de $3,72 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ y $3,60 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente. La planta cuenta con sistemas de pre-tratamiento y tratamiento primario que tienen problemas de operatividad, funcionamiento y no cuentan con un tanque que establezca los parámetros de pH y temperatura que se presentan debido a la variación de los procesos de producción que realizan semanalmente. Basados en el seguimiento realizado y las pruebas de caracterización fisicoquímicas presentadas por ANTEK S.A. en junio del 2015, se determinó que la planta está incumpliendo con 6 de 9 parámetros exigidos por la resolución 0631 de 2015 y necesita ser mejorada para cumplir con su propósito.
- Para solucionar el incumplimiento de la normatividad vigente, se plantearon teóricamente 3 alternativas de mejora para el sistema de tratamiento de aguas residuales de Levelma, teniendo en cuenta estudios bibliográficos. Las alternativas fueron evaluadas por medio de una matriz de selección con la metodología de Kepner & Tregoe basada en criterio que permitan la selección de la alternativa más viable teniendo en cuenta el costo, eficiencia, factibilidad, operatividad y tiempo. Con esto se selecciona la alternativa 3 que contemplaba un sistema de pre tratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario, de tal forma que se logren cumplir los parámetros exigidos por la ley.
- Una vez seleccionada la alternativa se realiza el análisis experimental del sistema de tratamiento de aguas residuales planteado, con el fin de encontrar las condiciones de operación y requerimientos necesarios para el cumplimiento de la normatividad vigente. En la etapa de pre tratamiento se diseña un sistema de homogenización de caudales para mitigar los cambios en el pH y temperatura, una rejilla de cribado que retiene un 62,5% de sólidos presentes en el agua del afluente, también se aumenta el tiempo de retención hidráulica en las trampas de grasas y se implementa otro sistema de equilibrio antes de entrar al tratamiento primario, para homogenizar las cargas contaminantes en el agua y retener un mayor porcentaje de grasas. Para el tratamiento primario se realiza una neutralización con NaOH y KOH, concluyendo que el que mejor se adapta a las condiciones de la PTAR es el KOH y posterior a esto se realiza un test de jarras probando diferentes tipos de coagulantes y floculantes, eligiendo el coagulante orgánico L-1688 que no aumenta otros parámetros críticos y el floculante L-1538. El sistema de tratamiento secundario se evalúa teóricamente alcanzando una eficiencia de 90% en la DBO total removida. Realizando a nivel laboratorio el pre tratamiento y el tratamiento primario se obtiene un cumplimiento favorable de 7 de 9

parámetros críticos y al emplear un tratamiento secundario de lodos activados se obtendría un cumplimiento total de la resolución 0631 de 2015.

- Finalmente, se desarrolla el análisis de costos de la propuesta comparando los costos actuales de la PTAR, las posibles multas contempladas en la resolución 2086 de 2010, las pérdidas por sellamiento diario y los costos de inversión, mantenimiento y operación de propuesta de mejora planteada. La planta actual genera egresos anuales de \$38.189.424 por mantenimiento y operación. Por otro lado, la nueva propuesta incluye un costo de inversión de \$77.140.000 en equipos y mejora de instalaciones, y egresos anuales por \$97.662.000 por costos de mantenimiento y operación, para un total de \$174.802.000 en el primer año. Se debe tener en cuenta que, si se sigue manejando el sistema actual de tratamiento, la empresa incurría en sanciones por un valor de \$258.559.039 y sellamientos cuyas pérdidas diarias serían de \$ 49.300.000. Se concluye que a pesar de que la propuesta de mejora crea un impacto financiero alto los primeros meses, este valor se ve retribuido a largo plazo con el no pago de sanciones o sellamientos, por lo que se demuestra la viabilidad del proyecto.

9. RECOMENDACIONES

- Implementar un control del agua utilizada en lavado de equipos, superficies y otros objetos de la empresa, mediante la capacitación del personal encargado del lavado, para evitar gastos innecesarios del recurso.
- Monitorear periódicamente el sistema de tratamiento de aguas residuales de la planta, para evitar malas dosificaciones o posibles fallas operacionales.
- Realizar lavado frecuente de la PTAR, especialmente del tanque homogeneizador, rejilla de cribado y las trampas de grasas para evitar acumulaciones de sólidos y grasas que pueden disminuir la eficiencia del proceso.
- Caracterizar el afluente y el efluente, para controlar el comportamiento y las posibles variaciones del vertimiento.
- Realizar una caracterización de los lodos provenientes del tanque de sedimentación, con el fin de encontrar un posible uso disminuyendo la contaminación al reutilizarlos.
- Evaluar un sistema de tratamiento secundario antes del tratamiento primario, para reducir las cargas y por ende utilizar menores concentraciones de químicos en la clarificación.
- Evaluar una posible recirculación del agua tratada para utilizarla en descargas de sanitarios o lavado externo de equipos con el fin de ahorrar el recurso.

BIBLIOGRAFÍA

ARBOLEDA VALENCIA, Jairo. Teoría de la coagulación del agua. Edición Acodal. Colombia. 1992. 72p.

AYALA OVALLE, Lady Camila. Propuesta para la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Schapeli S. A. Trabajo de grado Ingeniero Químico. Bogotá D.C. Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Química, 2015.

BARÓN QUEVEDO, Christian Giovanni. Propuesta de mejoramiento en el sistema de tratamiento de aguas residuales de productos lácteos Pasco. Trabajo de grado Ingeniero Químico. Bogotá D.C. Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Química, 2013.

CARMONA PEREZ, Rafael. Instalaciones Hidrosanitarias y de gas para Edificaciones. 6 ed. 250 p.

CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 1333 de 2009. Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C., 2009. 19p.

CRITES. Ron. TCHOBANOGLIOUS. George. Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Bogotá: Mc Graw Hill, 2001. 776p.

GÖSTA BYLUND, M. Manual de Industrias Lácteas. Tetra Pak Iberia S.A. Madrid España. Tetra Pak Iberia S.A, 1996. 436p.

HAMMEKEN ARANA, Alejandro Mauricio, ROMERO GARCÍA, Eduardo. Análisis y diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el municipio de San Andrés Cholula. Tesis Licenciatura. Ingeniería Civil. Departamento de Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas. Puebla, México. 2005. 229p.

HERNANDEZ ARIZALA, Diana Marcela y LEAL ROJAS, Paula Catherine. Ingeniería básica de un sistema para el tratamiento de aguas residuales en Cárnicos Rico Jamón. Trabajo de grado Ingeniero Químico. Bogotá D.C. Fundación Universidad de América. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Química, 2009.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y DE CERTIFICACIÓN. Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá: El instituto, 2008. 110 p.

- - - - - . Referencias bibliográficas, contenido, forma y estructura. NTC 4490. Bogotá: El Instituto, 1998, 12 p.

- - - - - . Referencias documentales para fuentes de informaciones electrónicas. NTC 5613. Bogotá: El Instituto, 1998. 8 p.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Resolución 0631 de 2015. Por la cual se establecen los parámetros y los valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público, y se dictan otras disposiciones. Bogotá D.C., 2015. 62p.

- - - - - . Resolución 2086 de 2010. Por la cual se adopta la metodología para la tasación de multas consagradas en el numeral 1o del artículo 40 de la Ley 1333 del 21 de julio de 2009 y se toman otras determinaciones. Bogotá D.C., 2010.

RAMALHO. Rubens. Sette. Tratamiento de Aguas Residuales. Quebec: Reverté, 1990. 716p.

ROMERO ROJAS. Jairo. Alberto. Tratamiento de Aguas Residuales-Teoría y Principios de Diseño. Editorial escuela Colombiana de Ingeniería. 1999. 1232p.

SÁNCHEZ GUERRERO. Gabriel de las Nieves. Técnicas participativas para la planeación. Procesos breves de intervención. Fundación ICA. 2003. 343p.

ANEXOS

ANEXO A
FICHAS DE SEGURIDAD DE LOS COMPUESTOS UTILIZADOS
ACTUALMENTE PARA LAVADOS Y TRATAMIENTO DE AGUAS EN LA
EMPRESA

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ÁCIDO NÍTRICO		ICSC: 0183 Octubre 2006	
CAS: RTECS: NU: CE Índice Anexo I: CE / EINECS:	7697-37-2 QU5775000 2031 007-004-00-1 231-714-2	Ácido nítrico concentrado (70%) HNO ₃ Masa molecular: 63,0	
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible pero facilita la combustión de otras sustancias. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes. El calentamiento intenso puede producir aumento de la presión con riesgo de estallido.	NO poner en contacto con sustancias inflamables. NO poner en contacto con productos químicos combustibles u orgánicos.	En caso de incendio en el entorno: NO espumar.
EXPLOSIÓN	Riesgo de incendio y explosión en contacto con muchos compuestos orgánicos frecuentes.		En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICIÓN		¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!
Inhalación	Sensación de quemazón. Tos. Dificultad respiratoria. Jadeo. Dolor de garganta. Síntomas no inmediatos (ver Notas).	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Respiración artificial si estuviera indicada. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Piel	Quemaduras cutáneas graves. Dolor. Decoloración amarilla.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras..	Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ingestión	Dolor de garganta. Dolor abdominal. Sensación de quemazón en la garganta y el pecho. Shock o colapso. Vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	NO provocar el vómito. Dar a beber uno o dos vasos de agua. Reposo. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
¡Evacuar la zona de peligro! Consultar a un experto. Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración. Ventilar. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables. Neutralizar cuidadosamente el residuo con carbonato sódico. Eliminarlo a continuación con agua abundante. NO absorber en serrín u otros absorbentes combustibles.		Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE Símbolo: O, C R: 8-35 S: (1/2-)23-26-36-45 Nota: B Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 8 Riesgos Subsidiarios de las NU: 5.1 Grupo de Envasado NU: 1 Clasificación GHS Peligro Puede ser corrosiva para los metales. Mortal en caso de ingestión. Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares. Provoca daños en las vías respiratorias si se inhala. Provoca daños en el tracto digestivo por ingestión. Provoca daños en las vías respiratorias y en los dientes tras exposición prolongada o repetida si se inhala.	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-80S2031-I Código NFPA: H4; F0; R0; OX		Separado de sustancias combustibles y reductoras, bases y de alimentos y piensos orgánicos. Mantener en lugar fresco, seco y bien ventilado.	
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea CE, IPCS, 2007			
			

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ÁCIDO NÍTRICO		ICSC: 0183
DATOS IMPORTANTES		
<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO Líquido incoloro a amarillo, de olor acre.</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS La sustancia se descompone al calentarla suavemente, produciendo óxidos de nitrógeno. La sustancia es un oxidante fuerte y reacciona violentamente con materiales combustibles y reductores, p.ej. turpentina, carbón, alcohol. La sustancia es un ácido fuerte, reacciona violentamente con bases y es corrosiva para los metales, formando gas combustible (hidrógeno-ver FISQ:0001). Reacciona violentamente con compuestos orgánicos.</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN TLV: 2 ppm como TWA, 4 ppm como STEL; (ACGIH 2006). MAK: lib (no establecido pero hay datos disponibles) (DFG 2008).</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN Efectos locales graves por todas las vías de exposición.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosiva por ingestión. La inhalación puede causar edema pulmonar (ver Notas). Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata (ver Notas).</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida al vapor. La sustancia puede afectar a los dientes, dando lugar a erosión dental.</p>	
PROPIEDADES FÍSICAS		
<p>Punto de ebullición: 121°C Punto de fusión: -41,6°C Densidad relativa (agua = 1): 1,4 Solubilidad en agua: miscible Presión de vapor, kPa a 20°C: 6,4 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2,2</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1,07 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0,21</p>	
DATOS AMBIENTALES		
NOTAS		
<p>Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto hasta que han pasado unas pocas horas o incluso días y se agravan con el esfuerzo físico. Esta Ficha ha sido parcialmente actualizada en enero de 2008: ver Límites de exposición.</p>		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2011): VLA-EC: 1 ppm, 2,6 mg/m³ Notas: Agente químico que tiene un valor límite indicativo por la UE</p>		
NOTA LEGAL	<p>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.</p>	
© IPCS, CE 2007		



CAL HIDRATADA PARA BLAQUEAR (CALIDAD EXTRA)

DESCRIPCION DEL PRODUCTO:

Es un Hidróxido de Calcio con o sin Magnesio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ que se elabora calcinando e hidratando mármol calcítico y/o dolomítico, bajo un estricto control de calidad.

COMPOSICION:

Oxido de Calcio	Min. 45%
Oxido de Magnesio	Máx. 26%
Hidróxido de Calcio	Min. 60%
Hidróxidos Totales	Min. 80%
Residuos Insolubles	Máx. 1.8%
Humedad	Mayor 0.5%
Dióxido de Carbono	Máx. 5.0%

GRANULOMETRIA:

Máximo residuo contenido en malla 30	0.5%
Máximo residuo retenido en malla 200	15.0%

USOS:

En el sector de la construcción es utilizada en el recubrimiento de superficies. Se recomienda en revoques o pañetes rústicos y de ladrillo. No se recomienda aplicar sobre superficies lisas y muros secos. Su rendimiento aproximado es de 2 M²/KG a dos manos, dependiendo del tipo de superficie.

PREPARACION:

1. Raspar antes de aplicar.
2. Preparar la lechada con mínimo 12 horas de anticipación (25 Lts de agua por bulto de 10 Kg de cal).
3. Limpiar la superficie de mugre, grasa o polvo.
4. Si la superficie es porosa se recomienda remojar.
5. Agítese la lechada bien antes de aplicar.
6. Aplicar con brocha o compresor.

ALMACENAMIENTO:

Almacenar en un lugar seco, protegido de humedad y lluvia.

EMPAQUE:

Bolsas de papel kraft con sistema de auto cierre. Peso 10 KG.



Fichas Internacionales de Seguridad Química

HIDRÓXIDO DE SODIO		ICSC: 0360 Mayo 2010	
CAS: NU: CE Índice Anexo I: CE / EINECS:	1310-73-2 1823 011-002-00-6 215-185-5	Sosa cáustica Hidrato de sodio Sosa NaOH Masa molecular: 40.0	
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. El contacto con la humedad o con el agua, puede generar calor suficiente para provocar la ignición de materiales combustibles.	NO poner en contacto con el agua.	En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado.
EXPLOSIÓN	Riesgo de incendio y explosión en contacto con: (ver Peligros Químicos).	NO poner en contacto con materiales incompatibles. (Ver Peligros Químicos).	
EXPOSICIÓN		¡EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!
Inhalación	Tos. Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Jadeo.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Enrojecimiento. Dolor. Graves quemaduras cutáneas. Ampollas.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse durante 15 minutos como mínimo. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Visión borrosa. Quemaduras graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor abdominal. Quemaduras en la boca y la garganta. Sensación de quemazón en la garganta y el pecho. Náuseas. Vómitos. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Dar a beber un vaso pequeño de agua, pocos minutos después de la ingestión. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente de plástico. Recoger cuidadosamente el residuo y trasladarlo a continuación a un lugar seguro.		No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE Símbolo: C R: 35 S: (1/2-)26-37/39-45 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: II Clasificación GHS Peligro Nocivo en caso de ingestión. Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares. Puede provocar irritación respiratoria.	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
Código NFPA: H3; F0; R1		Separado de alimentos y piensos, ácidos fuertes y metales. Almacenar en el recipiente original. Mantener en lugar seco. Bien cerrado. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.	
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2010			
			

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

HIDRÓXIDO DE SODIO		ICSC: 0360
DATOS IMPORTANTES		
<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO Sólido blanco e higroscópico, en diversas formas</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS La disolución en agua es una base fuerte que reacciona violentamente con ácidos y es corrosiva con metales tales como: aluminio, estaño, plomo y cinc, formando gas combustible (hidrógeno - ver FISQ:0001). Reacciona con sales de amonio produciendo amoníaco, originando peligro de incendio. El contacto con la humedad o con el agua genera calor. (Ver Notas).</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN TLV: 2 mg/m³ (Valor techo) (ACGIH 2010). MAK: 1lb (no establecido pero hay datos disponibles) (DFG 2009).</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN Efectos locales graves</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN Puede alcanzarse rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire cuando se dispersa.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis.</p>	
PROPIEDADES FÍSICAS		
<p>Punto de ebullición: 1388°C Punto de fusión: 318°C Densidad: 2.1 g/cm³</p> <p>Solubilidad en agua, g/100 ml a 20°C: 109 (muy elevada).</p>		
DATOS AMBIENTALES		
Esta sustancia puede ser peligrosa para el medio ambiente. Debe prestarse atención especial a los organismos acuáticos.		
NOTAS		
El valor límite de exposición laboral aplicable no debe ser superado en ningún momento por la exposición en el trabajo. NO verter NUNCA agua sobre esta sustancia; cuando se deba disolver o diluir, añádirla al agua siempre lentamente. Otro n° NU: NU1824 Disolución de hidróxido de sodio, clasificación de peligro 8, grupo de envasado II-III.		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
<p>Límites de exposición profesional (INSHT 2011):</p> <p>VLA-EC: 2 mg/m³</p>		
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 2010		



Fecha de actualización: 15/Octubre/2013
Versión: 08

QUATERSAN

Solución desinfectante a base de amonio cuaternario

DESCRIPCIÓN GENERAL

QUATERSAN es un desinfectante catiónico de amplio espectro a base de "Amonio Cuaternario de cuarta generación" Dimetil Di Octil-Decil Cloruro de Amonio combinado con Polihexametilen Biguanidina, para la total desinfección de equipos, utensilios y planta física en la industria en general.

Tiene gran campo de acción en la industria de alimentos, pecuaria y la industria en general, pues los amonios de cuarta generación poseen una estructura más especializada de cadenas gemelas que pone a disposición cadenas C8 – C12 convirtiéndolo en un producto de gran poder germicida, más resistente a materia orgánica, menor producción de espuma, mayor capacidad de biodegradación.

Es importante tener en cuenta que los amonios cuaternarios son aprobados por la FDA CITE: 21CFR178.1010 como sustancias que son utilizadas para el control del crecimiento de microorganismos para contacto indirecto con alimentos, lo cual indica que pueden utilizarse en superficies que luego van a tener contacto con éstos como equipos, utensilios, entre otros. En esta aplicación, implica que no sean necesarios los enjuagues y pueda usarse con tranquilidad a concentraciones inferiores a 200 ppm. Es de aclarar que se requiere un total drenado de la solución preparada y verificar que no hay puntos en el equipo donde se pueda presentar acumulación.

Producto seguro: No es tóxico a las concentraciones de uso, puede ser usado en aplicaciones domésticas si se diluye a las concentraciones adecuadas con una exacta relación costo-rendimiento.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

PARAMETRO	ESPECIFICACION
% Activo	10%
pH	6.5
Densidad	1.01

COMPOSICIÓN GARANTIZADA

Cada 100 ml de QUATERSAN contienen

Ingrediente Activo:

Dimetil Di Octil-Decil Cloruro de Amonio..... 10 g.

Ingrediente Aditivo e Inerte:

Polihexametilen Biguanidina Polimérica Hidrocloruro.....1 g.

Excipientes c.s.p.....100 ml



MEDELLÍN
Cra. 50 No. 76 D Sur 52
Autopista Sur, Km. 12, La Estrella
PBX (57 4) 372 0303 // Fax (57 4) 972 0317

BOGOTÁ
Cra. 74 B No. 53 - 33
Normandía Occidental - Sector 2
PBX (57 1) 428 2710 // Fax (57 1) 263 2252

LIMA - PERÚ
Av. República de Colombia 327
San Isidro - Lima 27
PBX (51 1) 441 1010



Fecha de actualización: 03/Abril/2013
Versión: 02

SANICLIN CL Desinfectante Clorado

DESCRIPCIÓN GENERAL

SANICLIN CL es un desinfectante clorado a base de Cloraminas Inorgánicas, las cuales garantizan la estabilidad del Cloro, convirtiéndolo en un "Cloro controlado". A diferencia de las fuentes de Cloro por vía hipoclorito, el SANICLIN CL brinda mayor estabilidad de los residuales en el tiempo. El usuario de SANICLIN CL está adquiriendo un producto con la concentración desde el momento de la recepción completamente estable dentro de los parámetros ofrecidos.

SANICLIN CL optimiza el Cloro disponible por su tecnología de "Cloro Controlado", evitando desperdicio de activo por inestabilidad química, por poca resistencia a la presencia de materia orgánica, cortos tiempos de actividad de los residuales, entre otros. Puede usarse en la desinfección de superficies, pisos, paredes y ambientes utilizándolo por aspersión. También puede ser empleado en equipos de ordeño, máquinas pasteurizadoras, tanques de enfriamiento de leche y demás utensilios.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

COMPOSICIÓN GARANTIZADA

% cloro	mínimo 3%
Excipientes, quelantes, aditivos	c.s.p. 100%

PROPIEDADES FISICOQUÍMICOS

pH	mínimo 8
Densidad	1.095 – 1.115 g/ml
Apariencia	Líquido amarillo traslucido

MODO DE USO

Efectuar primero un excelente lavado de los equipos y superficies. Aplicar la solución preparada según el caso. No enjuagar

Para la desinfección de los equipos, sistemas de ordeño o CIP, después del lavado alcalino con Dinepaster y el lavado ácido con Destone, usar una solución de 1,5 a 5,0 ml de SANICLIN CL por cada litro de agua, dejándola circular por espacio de 10 minutos (Equivalente a 0.15 – 0.5 % o 1500 – 5000 ppm, respectivamente). Después de desinfectar no se debe hacer enjuague.

Nuestros Representantes Técnicos Comerciales lo asesorarán sobre las mejores condiciones de aplicación según las necesidades puntuales de su proceso.



MEDELLÍN
Cra. 50 No. 76 D Sur 52
Autopista Sur, Km. 12, La Estrella
PBX (57 4) 372 0303 // Fax (57 4) 372 0317

BOGOTÁ
Cra. 74 B No. 53 - 33
Normandía Occidental - Sector 2
PBX (57 1) 428 2710 // Fax (57 1) 263 2252

LIMA - PERÚ
Av. República de Colombia 327
San Isidro - Lima 27
PBX (51 1) 441 1010

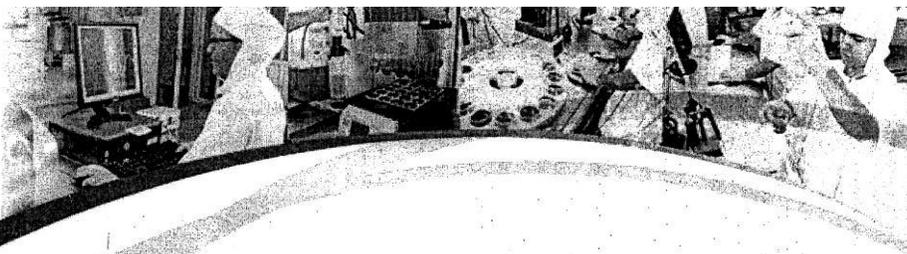
Fichas Internacionales de Seguridad Química

SULFATO DE ALUMINIO		ICSC: 1191 Noviembre 2010	
CAS: CE / EINECS:	10043-01-3 233-135-0	Sulfato aluminico Trisulfato de aluminio Trisulfato de dialuminio Alumbre $Al_2S_3O_{12} / Al_2(SO_4)_3$ Masa molecular: 342.1	
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible. En caso de incendio se desprenden humos corrosivos y tóxicos (o gases).		En caso de incendio en el entorno: usar un medio de extinción adecuado.
EXPLOSIÓN			
EXPOSICIÓN		¡EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO!	
Inhalación	Tos. Dolor de garganta.	Evitar la inhalación de polvo. Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio y reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Aclarar la piel con agua abundante o ducharse.
Ojos	Enrojecimiento. Quemaduras.	Gafas ajustadas de seguridad	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ingestión	Sensación de quemazón en la garganta y el pecho. Dolor abdominal. Náuseas. Vómitos. Diarrea.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Dar a beber uno o dos vasos de agua. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
Protección personal: filtro para partículas adaptado a la concentración de la sustancia en aire. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente tapado de plástico; si fuera necesario, humedecer el polvo para evitar su dispersión y trasladarlo a continuación a un lugar seguro.		Clasificación GHS Atención Provoca irritación ocular grave. Puede provocar irritación respiratoria. Tóxico para los organismos acuáticos.	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
		Separado de bases y oxidantes fuertes. Mantener en lugar seco. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas. Medidas para contener el efluente de extinción de incendios.	
Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2011			
			

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL FOLIO 10

Fichas Internacionales de Seguridad Química

SULFATO DE ALUMINIO		ICSC: 1191
DATOS IMPORTANTES		
<p>ESTADO FÍSICO; ASPECTO Cristales brillantes o polvo de color blanco. Inodoro. Higroscópico.</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS La sustancia se descompone al calentarla intensamente o al arder, produciendo humos tóxicos y corrosivos, incluyendo óxidos de azufre. Reacciona con bases y violentamente con oxidantes fuertes, liberando calor y humos tóxicos y corrosivos, incluyendo óxidos de azufre. La disolución en agua es moderadamente ácida. Ataca a muchos metales en presencia de agua.</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN TLV no establecido. MAK no establecido.</p>	<p>VÍAS DE EXPOSICIÓN La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACIÓN Puede alcanzarse rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire cuando se dispersa, especialmente si está en forma de polvo.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN La sustancia irrita gravemente los ojos, el tracto gastrointestinal y levemente la piel.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA La sustancia puede afectar al sistema nervioso central, dando lugar a alteraciones funcionales.</p>	
PROPIEDADES FÍSICAS		
<p>Se descompone a 770°C. Densidad: 2.71 g/cm³</p> <p>Solubilidad en agua: elevada. Ver Notas.</p>		
DATOS AMBIENTALES		
<p>La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos. Se aconseja firmemente impedir que el producto químico se incorpore al ambiente.</p>		
NOTAS		
<p>Presente en la naturaleza como el mineral Alunogenita. Otros nos CAS: 16828-12-9 (14-hidrato); 16828-11-8 (16-hidrato); 7784-31-8 (18-hidrato); 17927-65-0 (x-hidrato). El sulfato de aluminio se hidroliza en agua formando ácido sulfúrico y liberando calor. Los valores de la bibliografía para la solubilidad de esta sustancia son muy diferentes debido al proceso de hidrólisis.</p>		
INFORMACIÓN ADICIONAL		
NOTA LEGAL	<p>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.</p>	
© IPCS, CE 2011		



Certificado de Análisis

PRODUCTO	LK-ECONO CHLOR X 20kg	LOTE	E0284AI
CÓDIGO	3471AI	LOTE PROVEEDOR	E0284AI
FECHA APROBACIÓN	15 Feb 2016	FECHA VENCIMIENTO	05 Feb 2017

Page 1 of 1

REQUISITOS ORGANOLÉPTICOS	ESPECIFICACIÓN	RESULTADOS	MÉTODO DE ENSAYO
ASPECTO	Líquido	CONFORME	EO-CC-11 BASADO EN NTC 2680
COLOR APARENTE	Ligeramente amarillo	CONFORME	EO-CC-12 BASADO EN NTC 4604
OLOR	Ligero a cloro	CONFORME	EO-CC-13 BASADO EN NTC 2680

REQUISITOS FÍSICO-QUÍMICOS	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO	MÉTODO DE ENSAYO
pH (Solución al 1.0 %)	N/A	11.50 - 13.0	11.82	EO-CC-15 BASADO EN NTC 4592

NOTA: Las muestras analizadas se encuentran conformes con los parámetros establecidos en la ficha técnica V-5 25 Mar 2014

FQ-09 Versión N°5
Fecha: 2014-04-10
Aprobado por: OLH

Documento emitido electrónicamente

Bibiana M. Jaramillo G.
Responsable: Bibiana María Jaramillo Galeano
Directora Control Calidad

Nit:800011002-4 Sede Principal Itagüí
Cra 50G 12 sur - 29 PBX: 285 42 90
Bogotá - Barranquilla - Cali - Bucaramanga - Pereira - Cúcuta

www.tecnas.com.co

ANEXO B
PLANOS ACTUALES DE LA PTAR

ANEXO C
TOMAS DE PH, CAUDAL Y TEMPERATURA EN UNA SEMANA DE
PRODUCCIÓN

TOMAS DEL DÍA LUNES

MANTOVANI						
HORA	VOLUME N (L)	TIEMPO LLENADO (s)	CAUDAL (L/s)	pH	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL FINAL (m³/s)
07:00	NO SE PRESENTÓ CAUDAL					
08:00						
09:00	1	82	1,22E-02	4	19	1,22E-05
10:00		20,46	4,89E-02	4	19	4,89E-05
11:00		21,25	4,71E-02	4	19	4,71E-05
12:00		20,64	4,84E-02	4	19	4,84E-05
13:00		52,39	1,91E-02	4	19	1,91E-05
14:00		20,88	4,79E-02	4	19	4,79E-05
15:00		15,65	6,39E-02	4	19	6,39E-05
16:00		15,7	6,37E-02	4	19	6,37E-05

LEVELMA						
HORA	VOLUME N (L)	TIEMPO LLENADO (s)	CAUDAL (L/s)	pH	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL FINAL (m³/s)
07:00	1	7,45	1,34E-01	6	23	1,34E-04
08:00		3,25	3,08E-01	12	38	3,08E-04
09:00		4,60	2,17E-01	6	22	2,17E-04
10:00		5,20	1,92E-01	6	23	1,92E-04
11:00		11,36	8,80E-02	6	24	8,80E-05
12:00		1,98	5,05E-01	6	27	5,05E-04
13:00		2,67	3,75E-01	8	24	3,75E-04
14:00		4,84	2,07E-01	6	27	2,07E-04
15:00		1,46	6,85E-01	4	29	6,85E-04
16:00		3,40	2,94E-01	6	23	2,94E-04

TOMAS DÍA MARTES

MANTOVANI						
HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO LLENADO (s)	CAUDAL (L/s)	pH	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL FINAL (m³/s)
07:00	1	NO SE PRESENTÓ CAUDAL				
08:00		NO SE PRESENTÓ CAUDAL				
09:00		131,5	7,60E-03	4	19	7,60E-06
10:00		83	1,20E-02	4	19	1,20E-05
11:00		105	9,52E-03	4	19	9,52E-06
12:00		20,7	4,83E-02	4	19	4,83E-05
13:00		23,69	4,22E-02	4	19	4,22E-05
14:00		26,62	3,76E-02	4	19	3,76E-05
15:00		15,98	6,26E-02	4	20	6,26E-05
16:00		22,76	4,39E-02	4	19	4,39E-05

LEVELMA						
HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO LLENADO (s)	CAUDAL (L/s)	pH	TEMPERATURA	CAUDAL FINAL (m³/s)
07:00	1	3,5	2,86E-01	5	31	2,86E-04
08:00		9,53	1,05E-01	6	21	1,05E-04
09:00		11,15	8,97E-02	6	25	8,97E-05
10:00		5,45	1,83E-01	4	22	1,83E-04
11:00		3,2	3,13E-01	5	33	3,13E-04
12:00		2,97	3,37E-01	6	25	3,37E-04
13:00		1,94	5,15E-01	6	31	5,15E-04
14:00		2,19	4,57E-01	10	38	4,57E-04
15:00		1,02	9,80E-01	9	28	9,80E-04
16:00		4,63	2,16E-01	6	23	2,16E-04

TOMAS DÍA MIÉRCOLES

MANTOVANI						
HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO LLENADO (s)	CAUDAL (L/s)	pH	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL FINAL (m3/s)
07:00	1	70	1,43E-02	4	18	1,43E-05
08:00		73	1,37E-02	4	19	1,37E-05
09:00		48,74	2,05E-02	4	19	2,05E-05
10:00		24,56	4,07E-02	4	19	4,07E-05
11:00		19,23	5,20E-02	4	19	5,20E-05
12:00		14,65	6,83E-02	4	19	6,83E-05
13:00		23,77	4,21E-02	4	19	4,21E-05
14:00		44,92	2,23E-02	4	19	2,23E-05
15:00		29,09	3,44E-02	4	19	3,44E-05
16:00		31,45	3,18E-02	4	19	3,18E-05

LEVELMA						
HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO LLENADO (s)	CAUDAL (L/s)	pH	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL FINAL (m3/s)
07:00	1	8,09	1,24E-01	6	22	1,24E-04
08:00		8,19	1,22E-01	5	32	1,22E-04
09:00		7,3	1,37E-01	5	22	1,37E-04
10:00		3,45	2,90E-01	7	24	2,90E-04
11:00		3,79	2,64E-01	6	23	2,64E-04
12:00		4,52	2,21E-01	6	24	2,21E-04
13:00		1,55	6,45E-01	12	37	6,45E-04
14:00		4,47	2,24E-01	3	28	2,24E-04
15:00		1,1	9,09E-01	1	30	9,09E-04
16:00		0,87	1,15E+00	5	23	1,15E-03

TOMAS DÍA JUEVES

MANTOVANI						
HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO LLENADO (s)	CAUDAL (L/s)	pH	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL FINAL (m³/s)
07:00	1	182	5,49E-03	4	18	5,49E-06
08:00		150	6,67E-03	4	19	6,67E-06
09:00		226	4,42E-03	4	19	4,42E-06
10:00		82	1,22E-02	4	19	1,22E-05
11:00		38,2	2,62E-02	4	19	2,62E-05
12:00		32,3	3,10E-02	4	19	3,10E-05
13:00		35,43	2,82E-02	4	19	2,82E-05
14:00		25,4	3,94E-02	4	19	3,94E-05
15:00		19,42	5,15E-02	4	19	5,15E-05
16:00		30,76	3,25E-02	4	19	3,25E-05

LEVELMA						
HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO LLENADO (s)	CAUDAL (L/s)	pH	TEMPERATURA	CAUDAL FINAL (m³/s)
07:00	1	10,42	9,60E-02	6	26	9,60E-05
08:00		6,12	1,63E-01	6	23	1,63E-04
09:00		7,01	1,43E-01	6	25	1,43E-04
10:00		7,53	1,33E-01	6	24	1,33E-04
11:00		9,84	1,02E-01	6	23	1,02E-04
12:00		3,24	3,09E-01	6	27	3,09E-04
13:00		1,71	5,85E-01	6	28	5,85E-04
14:00		3,94	2,54E-01	10	26	2,54E-04
15:00		1,15	8,70E-01	6	33	8,70E-04
16:00		0,97	1,03E+00	1	30	1,03E-03

TOMAS DÍA VIERNES

MANTOVANI						
HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO LLENADO (s)	CAUDAL (L/s)	pH	TEMPERATURA (°C)	CAUDAL FINAL (m³/s)
07:00	1	64	1,56E-02	4	19	1,56E-05
08:00		93	1,08E-02	4	19	1,08E-05
09:00		45,6	2,19E-02	4	19	2,19E-05
10:00		31,17	3,21E-02	4	19	3,21E-05
11:00		33,11	3,02E-02	4	19	3,02E-05
12:00		12,47	8,02E-02	4	19	8,02E-05
13:00		21,32	4,69E-02	4	19	4,69E-05
14:00		13,69	7,30E-02	4	19	7,30E-05
15:00		11,02	9,07E-02	4	19	9,07E-05
16:00		18,51	5,40E-02	4	19	5,40E-05

LEVELMA						
HORA	VOLUMEN (L)	TIEMPO LLENADO (s)	CAUDAL (L/s)	pH	TEMPERATURA	CAUDAL FINAL (m³/s)
07:00	1	7,83	1,28E-01	6	22	1,28E-04
08:00		27,5	3,64E-02	6	21	3,64E-05
09:00		13,52	7,40E-02	6	23	7,40E-05
10:00		3,25	3,08E-01	5	36	3,08E-04
11:00		4,5	2,22E-01	6	25	2,22E-04
12:00		4,68	2,14E-01	6	25	2,14E-04
13:00		0,79	1,27E+00	13	38	1,27E-03
14:00		1,1	9,09E-01	10	27	9,09E-04
15:00		0,92	1,09E+00	5	28	1,09E-03
16:00		10,8	9,26E-02	6	24	9,26E-05

ANEXO D
FICHAS DE SEGURIDAD DE LOS NUEVOS COMPUESTOS UTILIZADOS EN
EL LAVADO DE EQUIPOS

FICHA TÉCNICA DIKEN		FD-32
Versión N° 1	Fecha: 2014-09-01	Aprobado por: LSV



LACTY-CIP I es un poderoso limpiador cáustico superconcentrado, diseñado para operativos de limpieza CIP en la industria láctea. **LACTY-CIP I** contiene ingredientes mejorados con altas propiedades de enjuagabilidad, que reducen considerablemente el uso de agua. Sus materias primas minimizan su acción corrosiva y hacen de este producto un económico limpiador CIP. **LACTY-CIP I** ofrece excelentes resultados cuando se utiliza como primer paso de la limpieza CIP en conjunto con la limpieza ácida posterior con el producto **LACTY-CIP II**.

BENEFICIOS

- Excelente remoción de sólidos.
- Aditivos que brindan máxima seguridad.
- Óptima combinación entre ingredientes activos y aditivos en la fórmula.
- Alta efectividad removedora.
- Estupenda enjuagabilidad.
- Biodegradabilidad.
- Corrosividad atenuada.
- No tiene aroma.
- Seguro a operarios a la dilución recomendada.
- Alta pureza y calidad en sus componentes, lo que lo hacen una formulación PREMIUM.
- El mejor rendimiento en concentración para CIP'S de recuperación

DILUCIÓN DE USO:

Úsese en concentraciones desde el 0.1 % en sistemas de suciedad ligera, ajuste la dilución según el grado de suciedad.

MODO DE USO:

se usa en equipos de recirculación automática, haga la dilución, recircule durante al menos 20 min y enjuague.

INGREDIENTES: Agua, Hidróxido de sodio, tensoactivos cero espuma, agentes anticorrosión, agentes antiespumantes, agentes enjuagantes.

CÓDIGO: 3450AF - AI
REVISADA Y APROBADA POR
DIRECTORA DE PROYECTOS- TECNAS S. A.
Versión:5 - 2014-10-16



LACTY-CIP I
ALCALINOS CIP

APLICACIONES

- CIP en plantas de alimentos en general: (primer paso Lácteos y derivados, Refresqueras, Jugueras)
- CIP en equipos pasteurizadores e intercambiadores c placas.
- CIP de silos de almacenamiento. CIP cerrados de recuperación y lavado de canastillas

PROPIEDADES

Aspecto	Líquido
Color aparente	Café oscuro
Olor	Inodoro pero picante al inhalar
pH @1% sol'n	12.40-14.00
Espumabilidad	Baja
Biodegradabilidad	Si
Fosfatos	No

CARACTERÍSTICAS A EVALUAR:

Aspecto, Color aparente, pH.



PRECAUCIONES PRIMEROS AUXILIOS:

Lea cuidadosamente la hoja de seguridad del producto

REGISTROS:



Nonfood Compounds
Program Listed
(A2) (132267)

AV. 05-01-11

S E R V I C I O A C L I E N T E

ATRIZ / SALTILLO TORREON TIJUANA AGUASCALIENTES HERMOSILLO CULIACÁN CELAYA MÉRIDA PUEBLA CENTRO CHIHUAHUA
01 (844) 4 86 25 96 01 (871) 782 28 00 01 (884) 104 41 40 01 (448) 182 71 88 01 (802) 2 50 96 96 01 (807) 7 53 25 01 01 (401) 6 09 03 27 01 (906) 9 40 87 92 01 (222) 4 09 35 15 01 (55) 53 84 21 07 01 (014) 4 16 50 81
e-mail - ventex1@dikeninternational.com comservicio@dikeninternational.com



ULTRA BRITE

ACIDOS CIP

ULTRA BRITE es un ácido limpiador, desincrustante, sarricida y abrillantador líquido sin espuma recomendado para la limpieza correctiva en equipos y superficies de acero inoxidable, plástico y azulejo. **ULTRA BRITE** es un excelente desincrustante en sistemas CIP. **ULTRA BRITE** contiene ácidos inorgánicos grado USP que asegura la ausencia de metales nocivos para la salud tales como el plomo, hierro, mercurio y aluminio. Ideal para limpiezas difíciles y correctivas.

BENEFICIOS

- Excelente removedor.
- Fácil de enjuagar.
- No residual.
- Corrosividad moderada.
- Nula espumabilidad.
- Disuelve la piedra de leche.

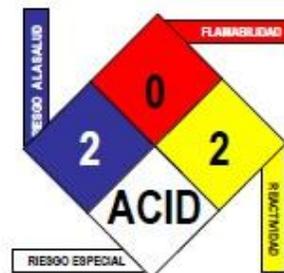
PROPIEDADES

Presentación	Líquido
Color	Incoloro
Olor	A ácido
pH @ 1% sol'n	1.50-2.50
Espumabilidad	Nula
Biodegradabilidad	Si
Fosfatos	No

DILUCIÓN DE USO: Úsese desde el 0.5 % para suciedad ligera, ajuste la dilución según la suciedad.

MODO DE USO: Hacer la dilución en el tanque, encender el equipo y recircular por lo menos 15 min. después enjuague

INGREDIENTES: Agua, ácido fosfórico ácido Nítrico, Agentes anticorrosión, Agente enjuagante.



CÓDIGO: 3453 AF-AI
REVISADA Y APROBADA POR
DIRECTORA DE PROYECTOS - TECNAS S. A.
Versión: 6- 2014-03-25

REGISTROS:



PRECAUCIÓN, SOLO PARA USO INDUSTRIAL. MANTENGASE ALEJADO DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS

PRIMEROS AUXILIOS: aleje fuente de vapores, administre oxígeno si la respiración es trabajosa y en caso de ser necesario aplique prácticas de resucitación, consiga inmediata ayuda médica. Contacto con la piel: lave rápidamente las áreas afectadas durante por lo menos 15 minutos. Quite la ropa contaminada lo más pronto posible y lávela antes de utilizarla nuevamente. Destruya zapatos contaminados. Contacto con los ojos: enjuague inmediatamente con abundante agua fría que esté fluyendo durante por lo menos 15 minutos y acuda a un oftalmólogo. Ingestión: no induzca al vómito. Si el paciente está consciente dele a beber leche. Nunca de nada en la boca de una persona inconsciente. Consiga ayuda médica de inmediato. Mantenga el contenedor cerrado cuando no lo use. Evite contaminar comida y agua. No reutilice el contenedor. **NO MEZCLE CON SUSTANCIAS ALCALINAS O CLORADAS.** Lea las Hojas de seguridad antes de usar el producto.

 <small>División Limpieza, Desinfección e Higiene</small>	FICHA TÉCNICA LIMPIADORES Y DESINFECTANTES	FD-20
Versión N° 7	Fecha: 2014-08-22	Aprobado por: LSV
<p>NOMBRE: TITAN AL 15%</p> <p>CODIGO: 3487 AI</p> <p>DESCRIPCION: TITAN AL 15% es un desinfectante ácido orgánico de excelentes características germicidas y esporicidas a base de ácido peracético estabilizado al 15%, formulado para desinfección de vegetales, tejidos de origen animal y superficies de contacto directo con alimentos. TITAN AL 15% ofrece un alto poder germicida de amplio espectro microbiológico. TITAN AL 15% contiene aditivos que permiten que sea un producto estable en su manejo.</p>		
USOS- APLICACIONES	PROPIEDADES FISICO QUÍMICAS	
Desinfección de superficies y equipos en contacto directo con alimentos. Desinfección de frutas y verduras. Desinfección de tejidos de origen animal. Desinfección de choque.	ASPECTO	Líquido
	COLOR	Transparente
	OLOR	Característico
	CONCENTRACIÓN ACTIVOS (%)	Mínimo 15
	SÓLIDOS SOLUBLES (*Brix)	22,5 – 24,0
	pH (solución concentrada)	0,1 – 1,5
CARACTERÍSTICAS A EVALUAR		
pH (solución concentrada), Olor, Color, Sólidos Solubles (*Brix), Aspecto.		
DOSIFICACIONES	MANEJO Y ALMACENAMIENTO	
<p>Desinfección de equipos y superficies en contacto directo con alimentos: 0.7 -1.4 ml/L (100 - 200 ppm). Requiere enjuague posterior.</p> <p>Desinfecciones de frutas y verduras: 0.53 ml/L (80 ppm). No requiere enjuague.</p> <p>Carne en Canal: Máximo 1.25 ml/L (187 ppm).</p> <p>Canales de Pollo: Máximo 1.46 ml/L (219 ppm).</p>	<p><i>El Titán al 15.0% se empaca en garrafas plásticas por 20 kg con válvula desgasificadora, debidamente identificado, con nombre del producto, código, número de lote, vencimiento, cantidad, precauciones, primeros auxilios, manejo y almacenamiento, indicaciones de uso, aplicaciones, beneficios, ingredientes.</i></p> <p><i>Almacene en un lugar seguro que esté aislado, ventilado, seco, fresco y sombreado y no deje destapado el envase.</i></p> <p><i>Este producto debe consumirse preferiblemente antes de 8 meses. A partir de la fecha de empaque, siempre y cuando se someta a los requisitos de almacenamiento, manejo y transporte recomendados Lea cuidadosamente la hoja de seguridad del producto.</i></p>	
Revisada y aprobada por Dirección de Proyectos	Versión: 6	
	Fecha de aprobación: 2015-07-17	

TECNAS S.A. web: www.tecnas.com.co e-mail: servicioalcliente@tecnas.com.co
 CRA 50G 12 sur – 29 Teléfono: (57)(4) 2854290, (57)(4) 2858290, Fax: (57)(4) 2553809, A.A. 51040
 ITAGUI-COLOMBIA-SUR AMERICA

ANEXO E
FICHAS DE SEGURIDAD DE LOS COMPUESTOS UTILIZADOS EN LA
NEUTRALIZACIÓN Y TEST DE JARRAS



LIPESA AC005

POLICLORURO DE ALUMINIO

- Aprobado para ser aplicado en agua potable
- Posee un fuerte poder de coagulación.
- Amplio rango de actuación en el pH (5 a 10) y de temperatura
- No afecta el pH del agua tratada, permitiendo un ahorro sustancial de neutralizante
- Perfectamente compatible con los tratamientos biológicos
- Rápida velocidad de coagulación
- Alto rendimiento en aguas con gran carga contaminante
- Volumen menor de lodos y mayor compactación de los mismos
- Alto poder defosfatante
- Alto rendimiento en eliminación de sólidos en suspensión, DQO y DBO5
- Excelente relación costo rendimiento

Usos Principales

LIPESA AC005 ha sido formulado para ser utilizado en la coagulación de aguas potables, residuales municipales e industriales, permitiendo el reemplazo total o parcial del alumbre y otros coagulantes. Puede emplearse como acondicionador de lodos, mejorando el proceso de deshidratación.

Descripción general

LIPESA AC005 es una solución líquida de policloruro de aluminio con las siguientes características:

Color:	Incoloro a ámbar
Olor:	Inodoro
Gravedad específica:	1,30 - 1,36 a 25 °C
pH al 15 %:	3,5- 4,5 a 25 °C
% activo:	22.5 – 23.5 % Al₂O₃
Solubilidad:	100% en agua

Dosis

La dosis óptima debe ser determinada por pruebas de laboratorio y campo. Las dosis típicas son:

- Clarificación de aguas: 3 - 260 ppm (0,29 -24,8 como Al)
- Tratamiento de lodos 50- 2.000 ppm

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

Modo de Empleo y Alimentación

LIPESA AC005 debe alimentarse de una manera continua al proceso, cualquiera que sea su aplicación, en un punto de buena agitación y mezcla, a través de bombas dosificadoras de plástico o cualquier otro material resistente al ácido. El producto es totalmente soluble en agua, por lo tanto su preparación es muy sencilla.



LIPESA 1538

POLIMERO 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 emulsionable 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.

Descripción General

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

Forma:	Sólido
Color:	Blanco
Olor:	Inodoro
Densidad:	800 Kg/m ³ aprox.
Solubilidad:	1.0% en agua.
Viscosidad:	2000 cPs aprox. a 5.0g/l 1000 cPs aprox. a 2.5 g/l 300 cPs aprox. a 1.0g/l

Dosis

Las 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



LIPESA 1569A

POLIMERO CATIONICO

- 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 1569A 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 1569A tiene también aplicación es espesamiento de lodos en procesos como el papelerero, azucarero, lodos de perforación, etc.

Descripción General

LIPESA 1569A es un polímero de "muy alto peso molecular", ligeramente catiónico, con las siguientes características:

Forma:	Sólido
Color:	Blanco
Olor:	Inodoro
Densidad:	800 Kg/m³ aprox.
Solubilidad:	1.0% máx. en agua.
Viscosidad:	750 cPs aprox. a 5.0g/l
	360 cPs aprox. a 2.5 g/l
	130 cPs aprox. a 1.0g/l

Dosis

Las dosis de LIPESA 1569A 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 1569A 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 1569A 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



LIPESA AC003

POLICLORURO DE ALUMINIO

- Aprobado para ser aplicado en agua potable
- Posee un fuerte poder de coagulación.
- Amplio rango de actuación en el pH (5 a 10) y de temperatura
- No afecta el pH del agua tratada, permitiendo un ahorro sustancial de neutralizante
- Perfectamente compatible con los tratamientos biológicos
- Rápida velocidad de coagulación
- Alto rendimiento en aguas con gran carga contaminante
- Volumen menor de lodos y mayor compactación de los mismos
- Alto poder defosfatante
- Alto rendimiento en eliminación de sólidos en suspensión, DQO y DBO5
- Excelente relación costo rendimiento

Usos Principales

LIPESA AC003 ha sido formulado para ser utilizado en la coagulación de aguas potables, residuales municipales e industriales, permitiendo el reemplazo total o parcial del alumbre y otros coagulantes. Puede emplearse como acondicionador de lodos, mejorando el proceso de deshidratación.

Descripción general

LIPESA AC003 es un coagulante sólido del tipo policloruro de aluminio con las siguientes características:

Color:	Amarillo
Apariencia:	Polvo
Gravedad específica:	1,25 - 1,35 a 25 °C
pH:	3.5 – 5.0 a 25 °C
% activo:	min. 26 % Al₂O₃
Solubilidad:	25gr/l en agua

Dosis

La dosis óptima debe ser determinada por pruebas de laboratorio y campo. Las dosis típicas son:

- Clarificación de aguas: 1 - 150 ppm (0,29 -24,8 como Al)
- Tratamiento de lodos 25- 1000 ppm

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

Modo de Empleo y Alimentación

LIPESA AC003 debe alimentarse de una manera continua al proceso, cualquiera que sea su aplicación, en un punto de buena agitación y mezcla, a través de bombas dosificadoras de plástico o cualquier otro material resistente al ácido. El producto es totalmente soluble en agua, por lo tanto su preparación es muy sencilla.



LIPESA 1471

ROMPEDOR DE EMULSIÓN INVERSO

- Utilizable en la clarificación de una gran variedad de aguas y efluentes industriales
- Especial para romper emulsiones de aceite en agua
- Efectivo en un vasto rango de pH
- Fácil manejo y dilución
- Excelente relación costo-beneficios: Trabaja a dosis bajas

Usos Principales

LIPESA 1471 ha sido especialmente formulado para ser utilizado en el rompimiento de emulsiones aceite/agua, y en el proceso de clarificación de aguas y efluentes industriales. Efectivamente usado en un amplio rango de procesos de separación sólido-líquido tales como sedimentación y espesamiento de lodos, sistemas de flotación por aire disuelto y de centrifugación.

Descripción General

LIPESA 1471 es un producto a base de mezcla de taninos, con las siguientes características:

Forma:	Líquida
Color:	Marrón
Olor:	Característico
Densidad:	1,120 gr/cm ³ a 20 °C
Auto inflamabilidad:	No es auto inflamable
pH:	2,1 al 100% a 20 °C
Solubilidad:	100 % en agua

Dosis

La dosis de LIPESA 1471 es variable dependiendo del tipo de aplicación y la calidad que se desee lograr. En todo caso, el Representante Técnico LIPESA le asesorará en el establecimiento de la dosis más adecuada a su situación particular.

Modo de Empleo y Aplicación

LIPESA 1471 se debe alimentar de manera continua al proceso, cualquiera que sea su aplicación, en un punto de buena agitación y mezcla, a través de bombas dosificadoras de desplazamiento positivo con cabezal de acero inoxidable, fibra de vidrio, plástico o epoxy, acero al carbón, cobre o aluminio. El producto es totalmente soluble en agua, por lo tanto su preparación es muy sencilla. Se recomienda preparar soluciones diluidas (2%) y alimentar luego en concentraciones de 0,5% o menor en el punto de inyección.

Despacho y Almacenamiento

LIPESA 1471 se despacha en tambores de 208 lts. netos. Debe ser almacenado en lugar seco y fresco por un tiempo no mayor a nueve (09) meses.

Manejo y Seguridad

LIPESA 1471 presenta muy bajo nivel de toxicidad y riesgos en su manejo. Como todo producto químico, tome todas las precauciones en la manipulación, evitando la ingestión o contacto con la piel y ojos. En caso de contacto con los ojos, lavar y enjuagar con abundante agua por lo menos por 20 minutos. Al contacto con la piel y ropa de trabajo, lavar con abundante agua y jabón por 15 minutos. No lo ingiera, pero si ocurre accidentalmente, inducir al vómito y llamar al médico inmediatamente. Los derrames de LIPESA 1471 no son peligrosos. Para recoger se debe aplicar material absorbente a los derrames, para luego barrer y desechar adecuadamente. El área debe ser lavada con agua.

BD-12-15-HAB

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

FQM007 REV.: 2 F. REV.: 16-03-06



LIPESA 1472

ROMPEDOR DE EMULSIÓN INVERSO

- Utilizable en la clarificación de una gran variedad de aguas y efluentes industriales
- Especial para romper emulsiones de aceite en agua
- Efectivo en un vasto rango de pH
- Fácil manejo y dilución
- Excelente relación costo-beneficios: Trabaja a dosis bajas

Usos Principales

LIPESA 1472 ha sido especialmente formulado para ser utilizado en el rompimiento de emulsiones aceite/agua, y en el proceso de clarificación de aguas y efluentes industriales. Efectivamente usado en un amplio rango de procesos de separación sólido-líquido tales como sedimentación y espesamiento de lodos, sistemas de flotación por aire disuelto y de centrifugación.

Descripción General

LIPESA 1472 es un producto a base de mezcla de taninos, con las siguientes características:

Forma:	líquida
Color:	Marrón
Olor:	Característico
Densidad:	1,100 gr/cm ³ a 20 °C
Auto inflamabilidad:	No es auto inflamable
pH:	2,20 al 100% a 20 °C
Solubilidad:	100 % en agua

Dosis

La dosis de LIPESA 1472 es variable dependiendo del tipo de aplicación y la calidad que se desee lograr. En todo caso, el Representante Técnico LIPESA le asesorará en el establecimiento de la dosis más adecuada a su situación particular.

Modo de Empleo y Aplicación

LIPESA 1472 se debe alimentar de manera continua al proceso, cualquiera que sea su aplicación, en un punto de buena agitación y mezcla, a través de bombas dosificadoras de desplazamiento positivo con cabezal de acero inoxidable, fibra de vidrio, plástico o epoxy, acero al carbón, cobre o aluminio. El producto es totalmente soluble en agua, por lo tanto su preparación es muy sencilla. Se recomienda preparar luciones diluidas (2%) y alimentar luego en concentraciones de 0,5% o menor en el punto de inyección.

Despacho y Almacenamiento

LIPESA 1472 se despacha en tambores de 208 lts. netos. Debe ser almacenado en lugar seco y fresco por un tiempo no mayor a doce (12) meses.

Manejo y Seguridad

LIPESA 1472 presenta muy bajo nivel de toxicidad y riesgos en su manejo. Como todo producto químico, tome todas las precauciones en la manipulación, evitando la ingestión o contacto con la piel y ojos. En caso de contacto con los ojos, lavar y enjuagar con abundante agua por lo menos por 20 minutos. Al contacto con la piel y ropa de trabajo, lavar con abundante agua y jabón por 15 minutos. No lo ingiera, pero si ocurre accidentalmente, inducir al vómito y llamar al médico inmediatamente. Los derrames de LIPESA 1472 no son peligrosos. Para recoger se debe aplicar material absorbente a los derrames, para luego barrer y desechar adecuadamente. El área debe ser lavada con agua.

BD-06-15-HAB

Rev: 0

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

FGM007 REV.: 3 F. REV.: 274



LIPESA AC011

COAGULANTE INORGANICO

- Aprobado para ser aplicado en agua potable
- Posee un fuerte poder de coagulación.
- Amplio rango de actuación en el pH (5 a 10) y de temperatura
- No afecta el pH del agua tratada, permitiendo un ahorro sustancial de neutralizante
- Perfectamente compatible con los tratamientos biológicos
- Rápida velocidad de coagulación
- Alto rendimiento en aguas con gran carga contaminante
- Volumen menor de lodos y mayor compactación de los mismos
- Alto poder defosfatante
- Alto rendimiento en eliminación de sólidos en suspensión, DQO y DBO5
- Excelente relación costo rendimiento

Usos Principales

LIPESA AC011 ha sido formulado para ser utilizado en la coagulación de aguas potables, residuales municipales e industriales, permitiendo el reemplazo total o parcial del alumbre y otros coagulantes. Puede emplearse como acondicionador de lodos, mejorando el proceso de deshidratación.

Descripción general

LIPESA AC011 es una solución líquida de sales inorgánicas trivalentes, con las siguientes características:

Color:	Café
Olor:	Característico
Gravedad específica:	1,420 – 1,520 a 25° C
pH al 100%:	< 2,10 a 25 °C

Dosis

La dosis óptima debe ser determinada por pruebas de laboratorio y campo. Las dosis típicas son:

- Clarificación de aguas: 3 - 260 ppm
- Tratamiento de lodos: 50- 2.000 ppm

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

Modo de Empleo y Alimentación

LIPESA AC011 debe alimentarse de una manera continua al proceso, cualquiera que sea su aplicación, en un punto de buena agitación y mezcla, a través de bombas dosificadoras de plástico o cualquier otro material resistente al ácido. El producto es totalmente soluble en agua, por lo tanto su preparación es muy sencilla.

Despacho y almacenamiento

LIPESA AC011 se despacha en tambores plásticos de 270 Kg y a granel. Puede almacenarse por seis (6) meses sin que se altere la calidad del producto.

Manejo y seguridad

LIPESA AC011 no presenta ningún riesgo en el manejo. No es tóxico. Como todo producto químico debe manejarse con cuidado. En caso de contacto con los ojos, lavar y enjuagar con abundante agua por lo menos por 15 minutos. Al contacto con la piel y ropa de trabajo, lavar con abundante agua y jabón por 5 minutos. No lo ingiera, pero si ocurre accidentalmente, inducir al vómito y llamar al médico inmediatamente.

RM 08-12-RSI

Rev. 0

"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

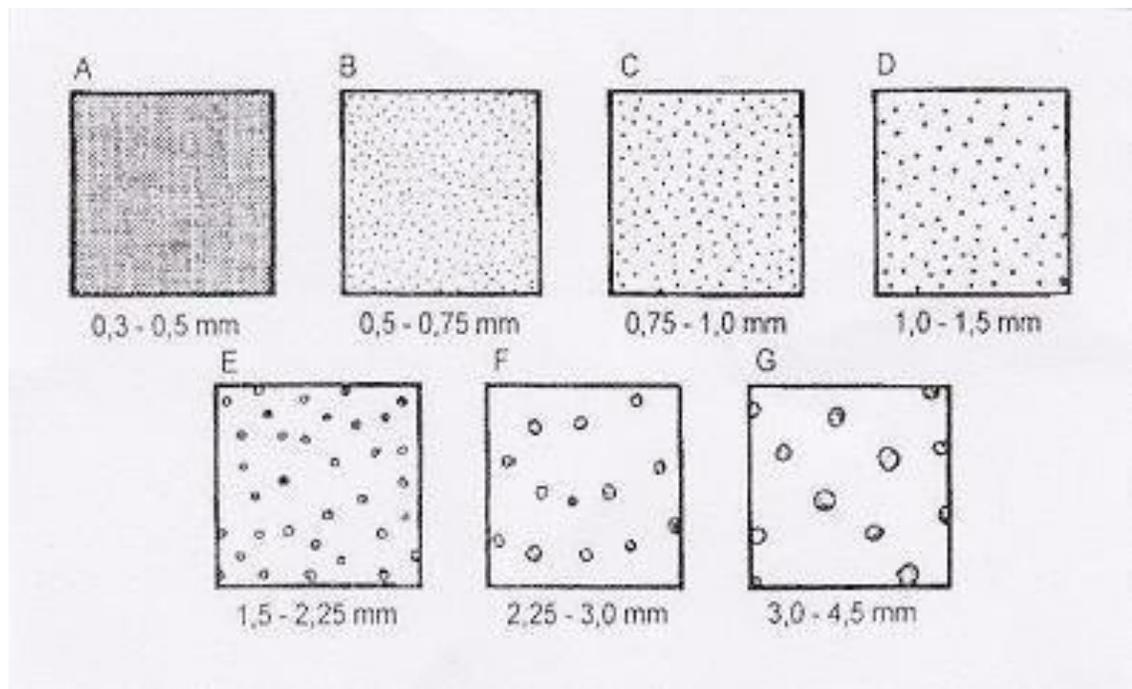
FGM007 REV.: 3 F. REV.: 27-02-2009

ANEXO F
ÍNDICE DE WILLCOMB

ÍNDICE DE WILLCOB

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

Fuente. Revista científica juvenil



ANEXO G
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO REALIZADO POR LABORATORIOS BIOTRENDS
SAS

F-EC-001 REVISION 02		CERTIFICADO DE ANALISIS					
FECHA DE ACTUALIZACION 01-ENE-2014							
CERTIFICADO DE ANALISIS No. A-16-12512							
INFORMACION DEL CLIENTE CLIENTE: LEVELMA S.A.S. (PLANTA) NIT/CC: 860090331-8 DIRECCION: Km 1 Via Cajicá - Zipaquirá TELEFONO: 8797793 / 8661604 MAIL: calidad@lacteoslevelma.com, olga.osorio@lacteoslevelma.com CIUDAD: BOGOTA D.C. CONTACTO: OLGA OSORIO CARGO: DIRECTORA DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD				INFORMACION DE TOMA DE ITEM DE ENSAYO LUGAR DE TOMA DE ITEM: PLANTA RESPONSABLE DE TOMA DE ITEM: LEVELMA S.A.S. FECHA DE TOMA DE ITEM: 2016-05-04 HORA: N.E FECHA DE RECEPCION: 2016-05-04 HORA: 10:10:00 FECHA DE ANALISIS: 2016-05-05 FECHA DE INFORME: 2016-05-20 PROCEDIMIENTO DE TOMA DE ITEM: ALEATORIO			
IDENTIFICACION DEL ITEM DE ENSAYO							
ITEM DE ENSAYO NO.		IDENTIFICACION			FABRICANTE Y/O PROVEEDOR		
16-12512		AGUA RESIDUAL			N.E		
PRESENTACION DURANTE LA RECEPCION		CANT.ENTREG.(UN)	FECHA DE PROD	FECHA VENC	LOTE	T. MUESTREO	T. RECEPCION
FRASCO DE VIDRIO X 1000mL		3	N.E	N.E	N.E	N.E	3.9°C
OBSERVACIONES							
TABLA DE RESULTADOS							
PARAMETRO	METODO UTILIZADO		RESULTADOS	ESPECIFICACION Secre.Dist.Ambien.	CUMPLIMIENTO		
Sulfatos(mgSO4=L)	EPA 375.4		178,5	*	NO APLICA		
Cloruros(mgCl/L)	SM 4500-Cl B		3227	*	NO APLICA		
Grasas y Aceites(mg/L)	Gravimetría		228,40	*	NO APLICA		
Sólidos Suspendidos Totales(mg/L)	SM 2540 D, Total Suspended Solid Dried at 103-105°C, Ed. 22:2012		165	*	NO APLICA		
Sólidos Sedimentables (SSSED)(mL/L Hora)	SM 2540 F, Settleable Solids, Ed. 22:2012		< 0,1	*	NO APLICA		
Tensoactivos(mg/L)	SM 5540 C, Anionic Surfactants as MBAS, Ed. 22:2012		2,02	*	NO APLICA		
DBO5(mgO2/L)	SM 5210 B, 5-Day BOD Test y SM 4500-O G, Membrane Electrode Method, Ed. 22:2012		1309	*	NO APLICA		
DQO(mgO2/L)	SM 5220 C, Closed Reflux, Titrimetric Method, Ed. 22:2012		2669	*	NO APLICA		
Analizado por: C57							
Revisado por: C57							
INTERPRETACION DE RESULTADO							
"EL ITEM DE ENSAYO CUMPLE CON LOS PARAMETROS EVALUADOS DE LA NORMA: Resol. 3957 SDA"							
REVISO: DIRECTOR TECNICO				APROBO: GERENTE			

Certificado de analisis No. A-1612512 Pagina 1 de 2

F-EC-001 REVISION 02		CERTIFICADO DE ANALISIS					
FECHA DE ACTUALIZACION 01-ENE-2014							
CERTIFICADO DE ANALISIS No. A-16-16334							
INFORMACION DEL CLIENTE				INFORMACION DE TOMA DE ITEM DE ENSAYO			
CLIENTE: LEVELMA S.A.S. (PLANTA) NIT/CC: 860090331-8 DIRECCION: Km 1 Vía Cajicá - Zipaquirá TELEFONO: 8664900 MAIL: ANDRES.ARRIETA@LACTEOSLEVELMA.COM CIUDAD: BOGOTA D.C. CONTACTO: ANDRES ARRIETA MACHADO CARGO: SUPERVISOR DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD				LUGAR DE TOMA DE ITEM: CAJICA RESPONSABLE DE TOMA DE ITEM: LEVELMA S.A.S. FECHA DE TOMA DE ITEM: 2016-06-21 HORA: N.E FECHA DE RECEPCION: 2016-06-17 HORA: 12:20:00 FECHA DE ANALISIS: 2016-06-18 FECHA DE INFORME: 2016-07-06 PROCEDIMIENTO DE TOMA DE ITEM: ALEATORIO			
IDENTIFICACION DEL ITEM DE ENSAYO							
ITEM DE ENSAYO NO.		IDENTIFICACION			FABRICANTE Y/O PROVEEDOR		
16-16334		AGUA RESIDUAL			N.E		
PRESENTACION DURANTE LA RECEPCION		CANT.ENTREG.(UN)	FECHA DE PROD	FECHA VENC	LOTE	T. MUESTREO	T. RECEPCION
FRASCO DE VIDRIO X 1000mL		3	N.E	N.E	N.E	N.E	20.1°C
OBSERVACIONES							
TABLA DE RESULTADOS							
PARAMETRO	METODO UTILIZADO		RESULTADOS	ESPECIFICACION	CUMPLIMIENTO		
Sulfatos (SO 4 2-)(mg/L)	SM 4500-SO4 2- E		1078,46	Máx. 500,00	NO		
Cloruros (Cl-)(mg/L)	SM 4500-Cl- B		287,81	Máx. 500,00	SI		
Grasas y Aceites(mg/L)	SM 5520 B, Partition-Gravimetric Method, Ed. 22:2012		1825,52	Máx. 30,00	NO		
Sólidos Suspendidos Totales (SST)(mg/L)	SM 2540 D, Total Suspended Solid Dried at 103-105°C, Ed. 22:2012		7869,50	Máx. 225,00	NO		
Sólidos Sedimentales (SSED)(mL/L)	SM 2540 F, Settleable Solids, Ed. 22:2012		0,5	Máx. 3,00	SI		
Demanda Química de Oxígeno (DQO)(mg/L O2)	SM 5220 C, Closed Reflux, Titrimetric Method, Ed. 22:2012		10032,31	Máx. 675,00	NO		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)(mg/L O2)	SM 5210 B, 5-Day BOD Test y SM 4500-O G, ; Membrane Electrode Method, Ed. 22: 2012		3953,00	Máx. 375,00	NO		
Analizado por: C57 Revisado por: C80AMB							
INTERPRETACION DE RESULTADO							
"EL ITEM DE ENSAYO NO CUMPLE CON LA ESPECIFICACION: Resolución 0631 de 2015 (ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS)"							
BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.							
REVISO: DIRECTOR TECNICO				APROBO: GERENTE			

F-EC-001 REVISION 02		CERTIFICADO DE ANALISIS					
FECHA DE ACTUALIZACION 01-ENE-2014							
CERTIFICADO DE ANALISIS No. A-16-16335							
INFORMACION DEL CLIENTE				INFORMACION DE TOMA DE ITEM DE ENSAYO			
CLIENTE: LEVELMA S.A.S. (PLANTA) NIT/CC: 860090331-8 DIRECCION: Km 1 Vía Cajicá - Zipaquirá TELEFONO: 8664900 MAIL: ANDRES.ARRIETA@LACTEOSLEVELMA.COM CIUDAD: BOGOTA D.C. CONTACTO: ANDRES ARRIETA MACHADO CARGO: SUPERVISOR DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD				LUGAR DE TOMA DE ITEM: CAJICA RESPONSABLE DE TOMA DE ITEM: LEVELMA S.A.S. FECHA DE TOMA DE ITEM: 2016-06-16 HORA: N.E FECHA DE RECEPCION: 2016-06-17 HORA: 12:20:00 FECHA DE ANALISIS: 2016-06-18 FECHA DE INFORME: 2016-07-08 PROCEDIMIENTO DE TOMA DE ITEM: ALEATORIO			
IDENTIFICACION DEL ITEM DE ENSAYO							
ITEM DE ENSAYO NO.		IDENTIFICACION			FABRICANTE Y/O PROVEEDOR		
16-16335		AGUA RESIDUAL TRATADA			N.E		
PRESENTACION DURANTE LA RECEPCION		CANT.ENTREG.(UN)	FECHA DE PROD	FECHA VENC	LOTE	T. MUESTREO	T. RECEPCION
FRASCO DE VIDRIO X 1000mL		4	N.E	N.E	N.E	N.E	20.1°C
OBSERVACIONES							
TABLA DE RESULTADOS							
PARAMETRO	METODO UTILIZADO			RESULTADOS	ESPECIFICACION	CUMPLIMIENTO	
Sulfatos (SO ₄ 2-)(mg/L)	SM 4500-SO4 2- E			529,91	Máx. 500,00	NO	
Cloruros (Cl-)(mg/L)	SM 4500-Cl- B			< 0,25	Máx. 500,00	SI	
Grasas y Aceites(mg/L)	SM 5520 B, Partition-Gravimetric Method, Ed. 22:2012			15,32	Máx. 30,00	SI	
Sólidos Suspendidos Totales (SST)(mg/L)	SM 2540 D, Total Suspended Solid Dried at 103-106°C, Ed. 22:2012			< 51	Máx. 225,00	SI	
Sólidos Sedimentales (SSED)(mL/L)	SM 2540 F, Settleable Solids, Ed. 22:2012			< 0,1	Máx. 3,00	SI	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)(mg/L O ₂)	SM 5220 C, Closed Reflux, Titrimetric Method, Ed. 22:2012			3958,77	Máx. 675,00	NO	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)(mg/L O ₂)	SM 5210 B, 5-Day BOD Test y SM 4500-O G. ; Membrane Electrode Method, Ed. 22: 2012			1800,00	Máx. 375,00	NO	
Analizado por: C57 Revisado por: C80AMB							
INTERPRETACION DE RESULTADO							
"EL ITEM DE ENSAYO NO CUMPLE CON LA ESPECIFICACION: Resolución 0631 de 2015 (ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS)"							
BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.							
REVISO: DIRECTOR TECNICO				APROBO: GERENTE			

Certificado de analisis No. A-1616335 Pagina 1 de 2

Calle 64H No 71D - 31 PBX 4758383 / 2915105 Web. www.biotrendslab.com

F-EC-001 REVISION 02	CERTIFICADO DE ANALISIS					
FECHA DE ACTUALIZACION 01-ENE-2014						
CERTIFICADO DE ANALISIS No. A-16-18051						
INFORMACION DEL CLIENTE		INFORMACION DE TOMA DE ITEM DE ENSAYO				
CLIENTE: LEVELMA S.A.S. (PLANTA) NIT/CC: 860090331-8 DIRECCION: Km 1 Vía Cajicá - Zipaquirá TELEFONO: 8664900 MAIL: ANDRES.ARRIETA@LACTEOSLEVELMA.COM CIUDAD: BOGOTA D.C. CONTACTO: ANDRES ARRIETA MACHADO CARGO: SUPERVISOR DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD		LUGAR DE TOMA DE ITEM: PLANTA RESPONSABLE DE TOMA DE ITEM: LEVELMA S.A.S. FECHA DE TOMA DE ITEM: 2016-07-05 HORA: N.E FECHA DE RECEPCION: 2016-07-05 HORA: 16:56:00 FECHA DE ANALISIS: 2016-07-07 FECHA DE INFORME: 2016-07-12 PROCEDIMIENTO DE TOMA DE ITEM: ALEATORIO				
IDENTIFICACION DEL ITEM DE ENSAYO						
ITEM DE ENSAYO NO.	IDENTIFICACION		FABRICANTE Y/O PROVEEDOR			
16-18051	AGUA RESIDUAL TRATADA		N.E			
PRESENTACION DURANTE LA RECEPCION	CANT.ENTREG.(UN)	FECHA DE PROD	FECHA VENC	LOTE	T. MUESTREO	T. RECEPCION
FRASCO DE VIDRIO X 300 mL	1	N.E	N.E	N.E	N.E	2.4°C
OBSERVACIONES						
TABLA DE RESULTADOS						
PARAMETRO	METODO UTILIZADO		RESULTADOS	ESPECIFICACION	CUMPLIMIENTO	
Sulfatos (SO ₄ 2-)(mg/L)	SM 4500-SO4 2- E		56,35	Máx. 500,00	SI	
Analizado por: C57 Revisado por: C80AMB						
INTERPRETACION DE RESULTADO						
"EL ITEM DE ENSAYO CUMPLE CON LOS PARAMETROS EVALUADOS DE LA NORMA: Resolución 0631 de 2015 (ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS)"						
Observaciones -Los resultados son validos unicamente para el item analizado. -Este certificado de analisis solo puede ser reproducido integramente y con autorizacion escrita de BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S -* Parametro no requerido en especificacion -** Parametro no solicitado por el cliente						
BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.						
REVISO: DIRECTOR TECNICO			APROBO: GERENTE			

Certificado de analisis No. A-1618051 Pagina 1 de 2

F-EC-001 REVISION 02		CERTIFICADO DE ANALISIS					
FECHA DE ACTUALIZACION 01-ENE-2014							
CERTIFICADO DE ANALISIS No. A-16-19170							
INFORMACION DEL CLIENTE				INFORMACION DE TOMA DE ITEM DE ENSAYO			
CLIENTE: LEVELMA S.A.S. (PLANTA) NIT/CC: 860090331-8 DIRECCION: Km 1 Via Cajicá - Zipaquirá TELEFONO: 8664900 MAIL: ANDRES.ARRIETA@LACTEOSLEVELMA.COM CIUDAD: BOGOTA D.C. CONTACTO: ANDRES ARRIETA MACHADO CARGO: SUPERVISOR DE ASEGURAMIENTO DE CALIDAD				LUGAR DE TOMA DE ITEM: CAJICA RESPONSABLE DE TOMA DE ITEM: LEVELMA S.A.S. FECHA DE TOMA DE ITEM: 2016-07-14 HORA: N.E FECHA DE RECEPCION: 2016-07-14 HORA: 16:40:00 FECHA DE ANALISIS: 2016-07-15 FECHA DE INFORME: 2016-07-22 PROCEDIMIENTO DE TOMA DE ITEM: ALEATORIO			
IDENTIFICACION DEL ITEM DE ENSAYO							
ITEM DE ENSAYO NO.		IDENTIFICACION			FABRICANTE Y/O PROVEEDOR		
16-19170		AGUA RESIDUAL			N.E		
PRESENTACION DURANTE LA RECEPCION		CANT.ENTREG.(UN)	FECHA DE PROD	FECHA VENC	LOTE	T. MUESTREO	T. RECEPCION
FRASCO DE VIDRIO X 500 mL		1	N.E	N.E	N.E	N.E	21.0°C
OBSERVACIONES							
TABLA DE RESULTADOS							
PARAMETRO		METODO UTILIZADO		RESULTADOS	ESPECIFICACION	CUMPLIMIENTO	
Nitratos (N-NO ₃ -)(mg/L)		SM 4500-NO ₃ - B		<0,5	Análisis y Reporte	NO APLICA	
Ortofosfatos (P-PO 4 3-)(mg/L)		SM 4500-P D		8,19	Análisis y Reporte	NO APLICA	
Analizado por: C57							
Revisado por: C52							
INTERPRETACION DE RESULTADO							
"EL ITEM DE ENSAYO CUMPLE CON LOS PARAMETROS EVALUADOS DE LA NORMA: Resolución 0631 de 2015 (ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS)"							
Observaciones							
-Los resultados son validos unicamente para el item analizado.							
-Este certificado de analisis solo puede ser reproducido integramente y con autorizacion escrita de BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S							
-* Parametro no requerido en especificacion							
-** Parametro no solicitado por el cliente							
BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.							
REVISO: DIRECTOR TECNICO				APROBO: GERENTE			


DOCUMENTO ORIGINAL

Certificado de analisis No. A-1619170 Pagina 1 de 2

ANEXO H
CÁLCULOS DEL DISEÑO DE EQUIPOS Y TRATAMIENTO BIOLÓGICO

CALCULO DEL DISEÑO DEL TANQUE HOMOGENIZADOR PRIMARIO

$$V_H = V_{HM} + V_{HL}$$

Dónde:

V_H : Volumen del homogeneizador.

V_{HM} : Volumen de homogeneizador calculado para Mantovani.

V_{HL} : Volumen de homogeneizador calculado para Levelma.

$$V_H = 0,274m^3 + 3,83 m^3$$
$$V_H = 4,1 m^3$$

El volumen del tanque homogeneizador primario más un factor de seguridad del 15%.

$$V_{HF} = V_H * F_S$$

Dónde:

V_{HF} : Volumen final del homogeneizador.

V_H : Volumen del homogeneizador.

F_S : Factor de seguridad.

Tomando entonces un factor de seguridad teórico del 15%, se tiene:

$$V_{HF} = 4,1 m^3 * (1 + 0,15)$$
$$V_{HF} = 4,72m^3$$

La relación altura diámetro es:

$$\frac{H}{D} = \text{Relación altura diámetro}$$
$$\frac{H}{D} = 1,5$$

$$V_{HF} = \pi * r^2 * H$$

$$V_{HF} = \frac{\pi}{4} * D^2 * H$$

$$4,72 \text{ m}^3 = \frac{\pi}{4} * D^2 * 1,5 D$$

$$4,72 \text{ m}^3 = (1,5) \frac{\pi}{4} * D^3$$

$$\mathbf{D = 1,59 m}$$

El valor de la altura (H) se calcula reemplazando los datos:

$$\frac{H}{1,59m} = 1,5$$
$$H = 1,5 * 1,59m$$
$$\mathbf{H = 2,38 m}$$

CÁLCULOS DEL DISEÑO DEL TANQUE CLARIFICADOR

$$H_T = H_{cilindro} + H_{cono}$$

Debido a que el tanque clarificador fue diseñado para trabajar en batch durante 9h laborales, la cantidad de agua tratada por hora es:

$$Q_C = \frac{V_{LT}}{H_L}$$

Dónde:

Q_C= Cantidad de agua tratada por hora en el clarificador.

V_{LT}=Volumen de llenado total.

H_L=Horas laborales.

Reemplazando los datos, se tiene:

$$Q_c = \frac{17m^3}{9h}$$

$$Q_c = 1,88 \frac{m^3}{h} * 1h$$

$$Q_c = 1,88 m^3$$

El cálculo del volumen del cilindro y el cálculo del volumen del cono en el clarificador está dado por:

$$V_{cilindro} = \frac{\pi}{4} * D^2 * H_{cilindro}$$

$$V_{cono} = \frac{\pi * D^2 * H_{cono}}{12}$$

El volumen del clarificador es la suma del volumen del cilindro y el volumen del cono, por lo tanto:

$$V_{clarificador} = \left(\frac{\pi}{4} * D^2 * H_{cilindro} \right) + \left(\frac{\pi * D^2 * H_{cono}}{12} \right)$$

Con el volumen calculado por hora de 2,17m³/h, se obtiene:

$$V_{cilindro} = 90\% * Q_c$$

$$V_{cono} = 10\% * Q_c$$

Reemplazando los datos en las ecuaciones anteriores, se tiene:

$$V_{cilindro} = 90\% * 2,17m^3$$

$$V_{cilindro} = 1,953m^3$$

$$V_{cono} = 10\% * 2,17m^3$$

$$V_{cono} = 0,217m^3$$

CALCULOS DEL DISEÑO DE LODOS ACTIVADOS

- DBO soluble efluente.

$$S_e = DBO_e - 0,63 SS$$

$$S_e = 180 \frac{mg}{L O_2} - 0,63(100 \frac{mg}{L})$$
$$S_e = 117 \frac{mg}{L O_2}$$

- Volumen del reactor.

$$V = \frac{\theta_c Y Q (S_0 - S)}{(1 + K_d \theta_c) X}$$

$$V = \frac{(10d)(0,6) \left(13,6 \frac{m^3}{d}\right) \left(1800 \frac{g}{m^3} - 117 \frac{g}{m^3}\right)}{(1 + (0,06)(10d)) 3.500 \frac{g}{m^3}}$$
$$V = 24,52 m^3$$

Como factor de seguridad se asume 15% sobre el volumen del reactor, para un volumen de diseño de 28,20 m³.

- Tiempo de retención hidráulica.

$$\theta = \frac{V}{Q}$$

$$\theta = \frac{24,52 m^3}{13,6 \frac{m^3}{d}}$$
$$\theta = 1,80 d = 43 h$$

- Relación A/M.

$$\frac{A}{M} = \frac{Q S_0}{V X}$$

$$\frac{A}{M} = \frac{\left(13,6 \frac{m^3}{d}\right) \left(1800 \frac{g}{m^3}\right)}{(24,52m^3) \left(3500 \frac{g}{m^3}\right)}$$

$$\frac{A}{M} = 0,28d^{-1}$$

- **Producción de lodo.**

$$P_x = \frac{YQ(S_0 - S)}{1 + K_d\theta_c} = \frac{XV}{\theta_c}$$

$$P_x = \frac{(0,6) \left(13,6 \frac{m^3}{d}\right) \left(1800 \frac{g}{m^3} - 117 \frac{g}{m^3}\right)}{1 + (0,06)(10d)}$$

$$P_x = 8.583 \frac{g}{d} = 8,58 \frac{Kg}{d}$$

- **Producción de sólidos totales de desecho.**

$$\text{Lodo seco} = \frac{P_x}{PVST}$$

$$\text{Lodo seco} = \frac{8,58 \frac{Kg}{d}}{0,8}$$

$$\text{Lodo seco} = 10,72 \frac{Kg}{d}$$

- **Caudal de lodo de desecho.**

$$Q_w = \frac{VX}{\theta_c X_R}$$

$$Q_w = \frac{24,52(3500)}{10d(9600)}$$

$$Q_w = 0,89 \frac{m^3}{d}$$

- **Caudal recirculado.**

$$Q_R = \frac{QX}{X_R - X}$$

$$Q_R = \frac{\left(13,6 \frac{m^3}{d}\right) \left(3500 \frac{g}{m^3}\right)}{\left(0,8 * 12000 \frac{g}{m^3}\right) - \left(3500 \frac{g}{m^3}\right)}$$

$$Q_R = 7,8 \frac{m^3}{d}$$

- **Relación de recirculación.**

$$R = \frac{Q_R}{Q}$$

$$R = \frac{7,8 \frac{m^3}{d}}{13,6 \frac{m^3}{d}}$$

$$R = 0,57$$

- **Cantidad de oxígeno requerido.**

$$DO = 1,5Q(S_0 - S_e) - 1,42X_R Q_W$$

$$DO = 1,5 \left(13,6 \frac{m^3}{d}\right) \left(1800 \frac{g}{m^3} - 117 \frac{g}{m^3}\right) - 1,42 \left(0,8 * 12000 \frac{g}{m^3}\right) \left(2,423 \frac{m^3}{d}\right)$$

$$DO = 1,303 \frac{KgO_2}{d}$$

- **Caudal de aire en condiciones normales**

$$Q_{aire N} = \frac{1,303 \frac{KgO_2}{d}}{0,232(1,20)}$$

$$Q_{aire N} = 4,68 \frac{m^3}{d}$$

- **Cantidad real requerida de aire.**

$$Q_{aire} = \frac{4,68 \frac{m^3}{d}}{0,08}$$

$$Q_{aire} = 58,5 \frac{m^3}{d}$$

- **Volumen de aire requerido por unidad de DBO aplicada al tanque de aireación.**

$$\frac{Q_{aire}}{DBO} = \frac{Q_{aire}}{S_0 V}$$

$$\frac{Q_{aire}}{DBO} = \frac{\left(58,5 \frac{m^3}{d}\right) (1.000)}{\left(1800 \frac{g}{m^3}\right) \left(13,6 \frac{m^3}{d}\right)}$$

$$\frac{Q_{aire}}{DBO} = 2,39 \frac{m^3}{d}$$

- **Volumen del aire requerido por unidad de DBO removida.**

$$\frac{Q_{aire}}{DBO_R} = \frac{Q_{aire}}{(S_0 - S)V}$$

$$\frac{Q_{aire}}{DBO_R} = \frac{\left(58,5 \frac{m^3}{d}\right) (1.000)}{\left(1.800 \frac{g}{m^3} - 117 \frac{g}{m^3}\right) \left(13,6 \frac{m^3}{d}\right)}$$

$$\frac{Q_{aire}}{DBO_R} = 2,5 \frac{m^3}{d}$$

- **Carga orgánica volumétrica del proceso.**

$$COV = \frac{QS_0}{V}$$

$$COV = \frac{\left(13,6 \frac{m^3}{d}\right) \left(1.800 \frac{g}{m^3}\right)}{24,52 m^3}$$

$$COV = 998,37 \frac{gDBO}{m^3 d}$$

- **Coficiente de crecimiento observado.**

$$Y_{OBS} = \frac{P_X}{Q(S_0 - S)}$$

$$Y_{OBS} = \frac{(8,58 \frac{Kg}{d}) (\frac{1000g}{1Kg})}{13,6 \frac{m^3}{d} (1.800 \frac{g}{m^3} - 117 \frac{g}{m^3})}$$

$$Y_{OBS} = 0,37$$

- Eficiencia de la remoción de la DBO total.

$$E_T = \frac{S_o - DBO_e}{S_o}$$

$$E_T = \frac{1.800 \frac{mg}{L O_2} - 180 \frac{mg}{L O_2}}{1.800 \frac{mg}{L O_2}} = 0,90$$

- Eficiencia de la remoción de la DBO soluble.

$$E_s = \frac{S_o - S_e}{S_o}$$

$$E_s = \frac{1.800 \frac{mg}{L O_2} - 117 \frac{mg}{L O_2}}{1.800 \frac{mg}{L O_2}} = 0,93$$

CÁLCULOS DEL DISEÑO DEL TANQUE DE SEDIMENTACIÓN

$$V_s = \frac{Q_e + Q_R + Q_w}{\text{tiempo trabajo}} * 1,15$$

Dónde:

V_s = Volumen del sedimentador secundario.

Tiempo de trabajo= Horas laborales diarias.

$$V_s = \frac{12,71 \frac{m^3}{d} + 7,8 \frac{m^3}{d} + 0,89 \frac{m^3}{d}}{9 \frac{h}{d}} * 1,15$$

$$V_s = 2,73 \frac{m^3}{h} * 1h$$

$$V_s = 2,73 m^3$$

Para tener una mejor remoción de lodos se dejará la parte inferior del clarificador de forma cónica y el resto de manera cilíndrica tomando un 10% como la parte cónica y un 90% cilíndrica, tal y como se diseñó el clarificador primario.

$$V_{cilindro} = 90\% * V_S$$

$$V_{cilindro} = 90\% * 2,73m^3$$

$$V_{cilindro} = \mathbf{2,457m^3}$$

$$V_{cono} = 10\% * V_S$$

$$V_{cono} = 10\% * 2,73m^3$$

$$V_{cono} = \mathbf{0,273m^3}$$

$$V_{clarificador} = V_{cilindro} + V_{cono}$$

$$V_{clarificador} = \left(\frac{\pi}{4} * D^2 * H_{cilindro} \right) + \left(\frac{\pi * D^2 * H_{cono}}{12} \right)$$

ANEXO I
CÁLCULO DE LOS SÓLIDOS TOTALES DE UNA MUESTRA DE AGUA
ANTES Y DESPUES DE LA FILTRACIÓN CON REJILLAS

Cálculos de los sólidos totales

- Cápsula 1.

$$ST = \frac{(67695,7 - 67555,4) * 1000}{10}$$
$$ST = 14030 \frac{mg}{L}$$

- Cápsula 2.

$$ST = \frac{(65049,7 - 64724,4) * 1000}{10}$$
$$ST = 32530 \frac{mg}{L}$$

- Cápsula 3.

$$ST = \frac{(64771,97 - 64559,3) * 1000}{10}$$
$$ST = 21267 \frac{mg}{L}$$

- Cápsula 4.

$$ST = \frac{(79518,7 - 79389,1) * 1000}{10}$$
$$ST = 12960 \frac{mg}{L}$$

- Cápsula 5.

$$ST = \frac{(82771,4 - 82649,9) * 1000}{10}$$
$$ST = 12150 \frac{mg}{L}$$

- **Cápsula 6.**

$$ST = \frac{(70237,8 - 70147,0) * 1000}{10}$$

$$ST = 9080 \frac{mg}{L}$$

ANEXO J
SOLVER PARA ENCONTRAR LAS MEDIDAS DEL TANQUE
HOMOGENIZADOR PRIMARIO Y EL TANQUE CLARIFICADOR

SOLVER CLARIFICADOR

		VTT	2,17		
		pi	3,14159265		
D	1,30262658	r	0,65131329	vc	1,95299959
		Hcilindro	1,46545471	vco	0,21700007
		H cono	0,48848516		
		Hc+Hco	1,95393987		
		Hc+Hco	1,95393987		
		f(0)	3,4716E-07		

Parámetros de Solver

Celda objetivo: **\$E\$16**

Valor de la celda objetivo:
 Máximo Mínimo Valores de: 0

Cambiando las celdas
 \$E\$11:\$E\$13

Sujetas a las siguientes restricciones:

\$E\$11 <= 1
 \$E\$15 = \$E\$14
 \$G\$12 = 0,217

Regolver Cerrar Opciones... Restablecer todo Ayuda

SOLVER TANQUE SEDIMENTACIÓN SECUNDARIO

		VTT	2,73		
		pi	3,14159265		
D	1,40622318	r	0,70311159	vc	2,4570001
		Hcilindro	1,58200112	vco	0,27299998
		H cono	0,52733365		
		Hc+Hco	2,10933477		
		Hc+Hco	2,10933477		
		f(0)	-7,9666E-08		

Parámetros de Solver

Celda objetivo: **\$E\$16**

Valor de la celda objetivo:
 Máximo Mínimo Valores de: 0

Cambiando las celdas
 \$E\$11:\$E\$13

Sujetas a las siguientes restricciones:

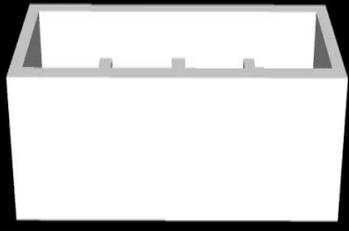
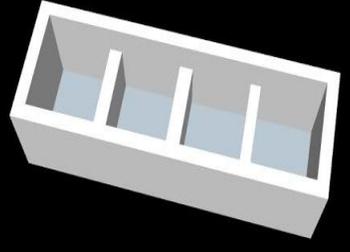
\$E\$11 <= 1
 \$E\$15 = \$E\$14
 \$G\$12 = 0,217

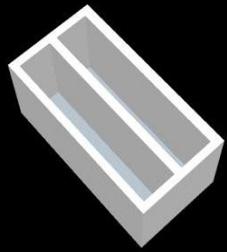
Regolver Cerrar Opciones... Restablecer todo Ayuda

ANEXO K
DISEÑO DE LOS EQUIPOS DE LA PROPUESTA DE MEJORA

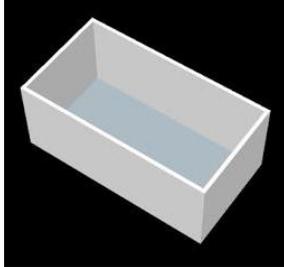
DISEÑO DE LOS EQUIPOS DE LA PROPUESTA DE MEJORA

TANQUE HOMOGENEIZADOR		
Vista frontal	Vista Superior	Descripción
		<p>Cantidad: 1</p> <p>Capacidad 4,72 m³</p> <p>Altura 2,38 m</p> <p>Diámetro 1,59 m</p>

TRAMPAS DE GRASA		
Vista frontal	Vista Superior	Descripción
		<p>Cantidad: 4</p> <p>Capacidad: 0,89 m³</p> <p>Altura: 0,74 m</p> <p>Ancho: 1,2 m</p> <p>Largo: 0,95 m</p>

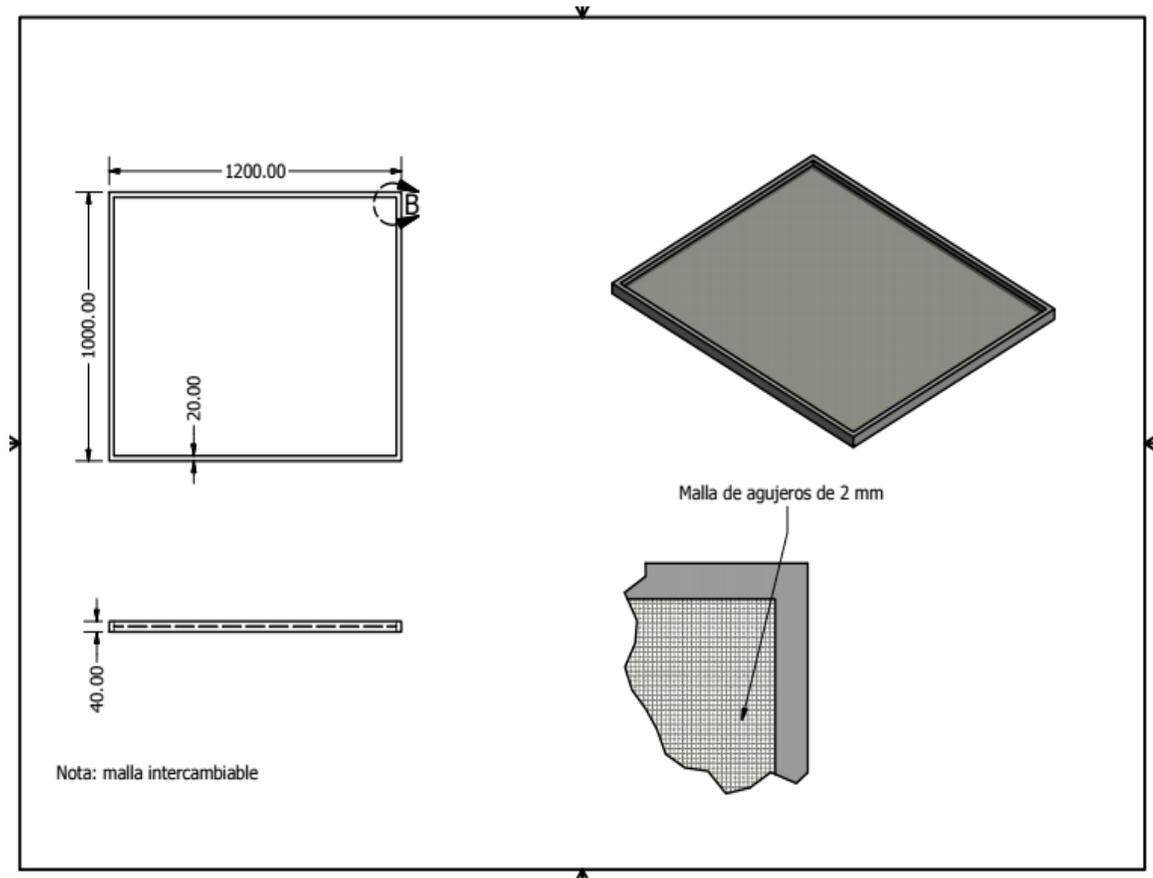
TANQUE HOMOGENEIZADOR SECUNDARIO		
Vista frontal	Vista Superior	Descripción
		<p>Cantidad: 2</p> <p>Capacidad: 18 m³</p> <p>Altura: 3 m</p> <p>Ancho: 1,15 m</p> <p>Largo: 5,4 m</p>

TANQUE CLARIFICADOR		
Vista frontal	Vista Superior	Descripción
		<p>Cantidad: 1</p> <p>Capacidad: 2,17 m³</p> <p>Altura cilindro: 1,47 m</p> <p>Altura cono: 0,49 m</p> <p>Diámetro: 1,30 m</p>

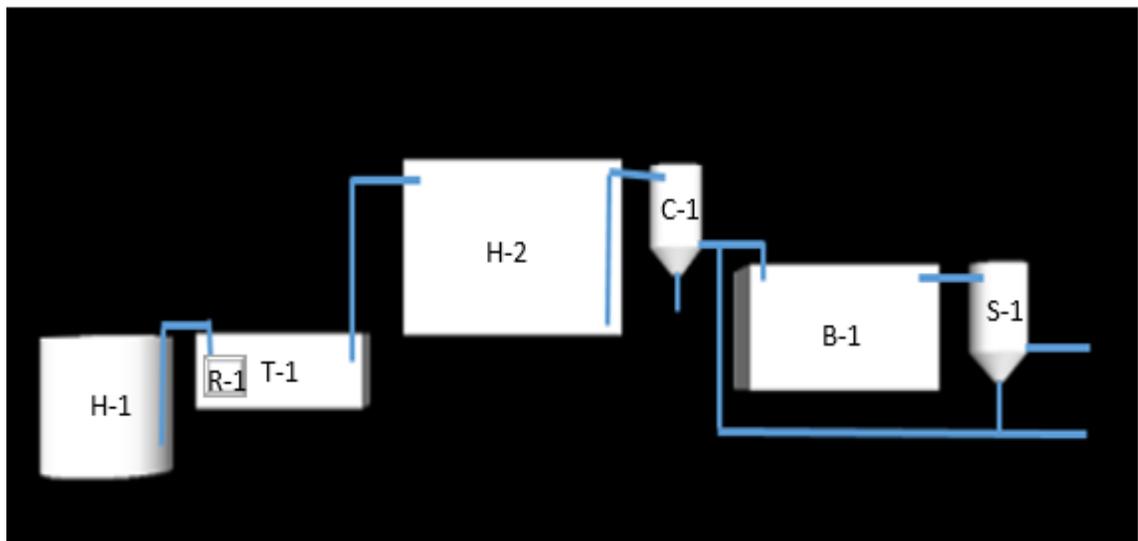
REACTOR AEROBIO		
Vista frontal	Vista Superior	Descripción
		<p>Cantidad 1</p> <p>Capacidad: 28,2 m³</p> <p>Altura: 2,17 m</p> <p>Ancho: 2,6 m</p> <p>Largo: 5 m</p>

TANQUE SEDIMENTADOR SECUNDARIO		
Vista frontal	Vista Superior	Descripción
		<p>Cantidad: 1</p> <p>Capacidad: 2,73 m³</p> <p>Altura cilindro: 1,58 m</p> <p>Altura cono: 0,52 m</p> <p>Diámetro: 1,40 m</p>

REJILLA DE CRIBADO



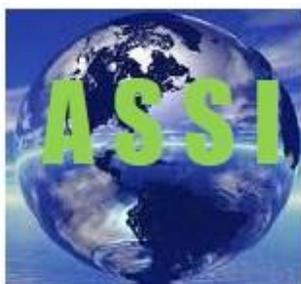
PLANTA FINAL



Nomenclatura	Descripción
H-1	Tanque homogeneizador 1
R-1	Rejilla de Cribado
T-1	Trampa de grasas
H-2	Homogeneizador 2
C-1	Clarificador 1
B-1	Reactor biológico 1
S-1	Sedimentador 1

La tubería está representada por las líneas azules. Existen dos bombas, una desde la T-1 hasta el H-2 y otra desde H-2 hasta C-1. El transporte de agua de C-1 a R-1 y de R-1 a S-1 se hace por gravedad y la recirculación de los lodos se hace manualmente.

ANEXO L
COTIZACIÓN DE LA PROPUESTA DE MEJORA



Agua sistema y soluciones integrales S.A.S
 NIT: 900.748.616-2

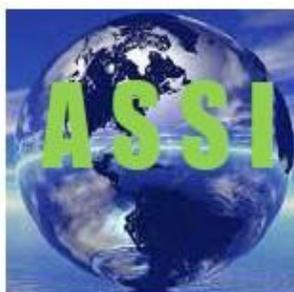
Fecha cotización 24 de julio de 2016
Cotización GOT. 0050-16

REF: EQUIPO

De acuerdo a su solicitud realizada, le adjunto cotización del producto en referencia, de acuerdo a las siguientes características las que se han de tener en cuenta para un óptimo funcionamiento del equipo en la producción de agua residual que su empresa requiere;

ITEM	PRODUCTO	CANT	U M	VALOR UNIDAD	VALOR TOTAL
1	TANQUE HOMOGENIZADOR FABRICACION CIRCULAR VERTICAL DE 5 M3, DIAMETRO 1.70 MTS, ALTURA 2.2 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, SALIDA Y DESAGÜE MIRILLA TRANSLUCIDA AFORADA. MENSULAS PARA IZAJE Y LINEA DE VIDA, PARA CONTENER AGUA RESIDUAL.	1	UND	\$ 7.700.000,00	\$ 7.700.000,00
2	TRAMPA DE GRASAS DE CUATRO DIVISIONES FABRICADO EN POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO Capacidad: 0,89 m3 Altura: 0,74 m Ancho: 1,2 m Largo: 0,95 m	1	UND	\$ 2.900.000,00	\$ 2.900.000,00
3	TANQUE HOMOGENIZADOR SECUNDARIO EN PRFV, MEDIDAS 2.00M X 4.00M X 2.50M, CON CAPACIDAD 20 M³ INCLUYE DOS DIVISIONES INTERNAS DEBIDAMENTE REFORZADO CON ANGULO DE 1 1/2" X 3 1/16", RECUBIERTO EN PRFV Y SUS RESPECTIVOS MODULOS DE SEDIMENTACION ACELERADA TIPO COLMENA.	1	UND	\$ 21.500.000,00	\$ 21.500.000,00

Para: ZULYSMILETH HENAO	De: A.E Yesid Alvarado Martínez
Empresa: LACTEOS LEVELMA	Fecha: 22/07/2016
zulysmileth@gmail.com	Cel: 320 2709000 // 317 8379641
Cel:311 244 9120	Calle 72 # 96ª 11



Agua sistema y soluciones integrales S.A.S

NIT: 900.748.616-2

4	TANQUE CLARIFICADOR Y SEDIMENTADOR SECUNDARIO CÓNICO FABRICADO EN POLIESTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO Ø=1.70 M h, RECTA=1.40 M, h CÓNICA 0.88M. CAPACIDAD 4.000 LTS 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	2	UND	\$ 7.700.000,00	\$ 15.400.000,00
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
	SUB TOTAL				\$ 90.000.000,00
	IVA			16%	\$ 14.400.000,00
	VALOR TOTAL				\$ 104.400.000,00

PRECIO TOTAL DE ESTA OFERTA

\$ 90.000.000 + IVA (noventa millones de pesos más IVA)

• OBSERVACIONES:

Los valores que se muestran a continuación están de acuerdo a lo descrito en esta cotización. Toda la información técnica se entregara una vez se haya realizado el acuerdo de trabajo y/o anticipo o en su defecto los que se hayan estipulado. EL TRANSPORTE DE LOS EQUIPOS ESTARA A CARGO DE LA EMPRESA CONTRATISTA. Todas las veces que aparezca la palabra garantía se dará sin previo daño emergente.

Para: ZULYSMILETH HENAO	De: A.E Yesid Alvarado Martínez
Empresa: LACTEOS LEVELMA	Fecha: 22/07/2016
zulysmileth@gmail.com	Cel: 320 2709000 // 317 8379641
Cel:311 244 9120	Calle 72 # 96ª 11



Agua sistema y soluciones integrales S.A.S

NIT: 900.748.616-2

FORMA DE PAGO:

50% con la orden de compra, y el 50% restante a la entrega y recibido a satisfacción. Consignar en el Banco de Bogotá a la cuenta de ahorros No.018493452, o pago en efectivo o cheque al día a nombre de A.S.S.I. AGUA SISTEMAS Y SOLUCIONES INTEGRALES S.A.S

TIEMPO DE EJECUCIÓN:

20 días hábiles si hay que fabricarlos.

VALIDEZ DE LA OFERTA: 30 días

Cordialmente,

Yesid Alvarado Martínez

YESID ALVARADO MARTINEZ
CEL: 320 270 90 00// 317 837 96 41
TEL: 5471646

A.S.S.I. Agua Sistemas y Soluciones Integrales S.A.S
aguadesmi2011@gmail.com

Para: ZULYSMILETH HENAO	De: A.E Yesid Alvarado Martínez
Empresa: LACTEOS LEVELMA	Fecha: 22/07/2016
zulysmileth@gmail.com	Cel: 320 2709000 // 317 8379641
Cel:311 244 9120	Calle 72 # 96ª 11