

DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA PARA LA REUTILIZACIÓN
DE AGUA EN LOS PROCESOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS
VOLUMÉTRICOS EN COLMETRIK SAS.

MARÍA PAULA CARRILLO TRUJILLO

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

DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MEJORA PARA LA REUTILIZACIÓN
DE AGUA EN LOS PROCESOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS
VOLUMÉTRICOS EN COLMETRIK SAS.

MARÍA PAULA CARRILLO TRUJILLO

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

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

Nota de aceptación:

Ing. Luis Miguel Chaparro Hernández

Ing. Orlando Castiblanco Urrego

Bogotá D.C., Febrero de 2020

DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. MARIO POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos.

Dr. LUIS JAIME POSADA GARCÍA-PEÑA

Vicerrectora Académica y de Posgrados (E)

Dr. ALEXANDRA MEJÍA GUZMAN

Secretaria general

Dr. ALEXANDRA MEJÍA GUZMAN

Decano facultad de Ingeniería

Ing. JULIO CESAR FUENTES ARISMENDI

Director Programa Ingeniería Química

Dr. LEONARDO DE JESÚS HERRERA GUTIÉRREZ

Los directivos de la fundación Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento.

Estos corresponden únicamente a los autores.

Este proyecto va dedicado a mi madre LUZ AIDA TRUJILLO PERDOMO quien ha sido mi apoyo incondicional, mi guía y mi polo a tierra, porque desde primer momento creyó en mí y emprendió este camino a mi lado; por darme su mano en cada desaliento y tropiezo, por el amor después de cada día agotador, por sus cuidados en los momentos más difíciles y por ser quien es. A mi padre CARLOS ALBERTO CARRILLO NAVARRO por estar siempre para mí, por enseñarme a surgir siendo una persona capaz y segura, por creer y soltar mis alas para emprender mi camino, por su apoyo y amor constante. Este logro es por ustedes y para ustedes, mi mayor motivación y ejemplo a seguir.

A mis abuelos, por su amor fraternal incondicional y sabiduría, porque me criaron y encaminaron por el buen sendero, porque me alcahuetearon y apoyaron cada decisión que tome, porque sé que hoy se sienten orgullosos de este pequeño paso para mi vida, porque gracias a ellos aprendí a ser un mejor ser humano. A mis tías por sus palabras de aliento y compañía.

A todas las personas que influyeron en este proceso, familiares, amigos y allegados, que me dieron un granito de arena y estuvieron motivándome para no desfallecer durante este largo trayecto, porque gracias a ellos hoy soy quien soy.

María Paula Carrillo Trujillo

AGRADECIMIENTOS

A la empresa COLMETRIK SAS. Por brindarme y darme la oportunidad para el desarrollo de mi trabajo de grado.

Al profesor Alejandro Pérez de la universidad Javeriana por su tiempo y apoyo en el desarrollo experimental de mi trabajo de grado.

A la ingeniera Nubia Becerra por su tiempo y colaboración en el desarrollo del trabajo de grado.

Al ingeniero Oscar Libardo Lombana por su acompañamiento en el desarrollo de este trabajo.

Al ingeniero electrónico y gerente de COLMETRIK SAS José Alfredo Fernández por confiar en mí para mejorar el proceso que se lleva a cabo en la empresa

Al ingeniero industrial Juan Carlos Perdomo por el apoyo con los laboratorios necesarios para analizar y evaluar la alternativa seleccionada.

Al coordinador administrativo de recursos humanos Luz Aida Trujillo por el apoyo constante y por facilitarme los documentos necesarios para llevar a cabo el proceso.

Y por último a la fundación Universidad de América por los conocimientos adquiridos para llevar a cabo esta propuesta.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	22
OBJETIVOS	24
1. ASPECTOS GENERALES	25
1.1 TRATAMIENTO DE AGUA	25
1.1.1. Clasificación de tratamientos de agua	25
1.1.1.1 Pretratamiento	25
1.1.1.2 Tratamiento primario	25
1.1.1.3 Tratamientos secundarios	26
1.1.1.4 Tratamientos terciarios	28
1.1.1.5 Tratamientos avanzados	29
1.2 TIPOS DE AGUA	29
1.3 PARAMETROS A TENER EN CUENTA PARA OBTENER AGUA GRADO 3	30
1.4 REUTILIZACIÓN DE AGUA	31
1.4.1 Reutilización en el medio urbano	32
1.4.2 Usos industriales	32
1.4.3 Usos agrícolas	32
1.4.4 Aplicación a la conservación y gestión de espacios naturales	33
1.4.5 Recarga artificial de acuíferos	33
1.4.6 Adaptación a recursos de agua potable	33
1.5 MARCO LEGAL	33
1.5.1 Norma ISO 3696:2004	33
2. DETERMINAR EL ESTADO ACTUAL DEL TRATAMIENTO DE AGUA	35
2.1 PROCESO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS VOLUMÉTRICOS	35
2.2 TRATAMIENTO DE AGUA ACTUAL DE LA EMPRESA	37
2.3 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS	39
2.4 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE AGUA INICIAL Y FINAL	43
2.4.1 pH y conductividad	44
2.4.2 DBO y sólidos suspendidos totales	48
2.5 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS CRÍTICOS SEGÚN NORMATIVIDAD	49
2.6 ANÁLISIS DE METALES PESADOS	49
2.7 EVALUACIÓN DE EQUIPO ACTUAL DE LA EMPRESA	50
2.7.1 Trampa de grasa	50
2.7.2 Filtros de polipropileno	51
3. SELECCIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUA	53
3.1 ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTOS	53
3.1.1 Tratamientos para aceites y grasas	54

3.1.2 Tratamiento para sólidos suspendidos y metales pesados	54
3.1.3 Tratamiento para controlar la conductividad eléctrica	58
3.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO	59
3.2.1 Precipitación química y sedimentación con químicos	59
3.2.2 Reducción de sólidos suspendidos y DBO	60
3.2.3 Control de conductividad eléctrica	60
3.3 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	60
3.3.1 Alternativa 1	60
3.3.2 Alternativa 2	62
3.3.3 Alternativa 3	66
3.4 CRITERIOS DE SELECCIÓN	71
3.4.1 Evaluación de criterios	73
3.4.2 Ponderado de la matriz de selección	75
3.5DESARROLLO EXPERIMENTAL	75
3.5.1 Reactivos y equipos	76
3.5.2 Toma de muestra	79
3.5.3 Metodología	81
3.5.4 Selección de reactivos	83
3.5.5 Test de jarras	85
3.5.5.1 Preparación de coagulante y floculante	86
3.5.6 Selección de cartuchos para el proceso de filtración	93
3.5.6.1 Filtros de sedimentación	94
3.5.6.2 Filtros de carbón activo	96
3.6 SELECCIÓN DE RESINA PARA LA COLUMNA DE INTERCAMBIADOR IÓNICO	97
3.6.1Criterios de selección de resinas	98
3.6.1.1 Matriz de selección de resina catiónica y aniónica.	99
3.7 EFICIENCIA TEÓRICA DE LA PROPUESTA	102
3.8.MONTAJE CONCEPTUAL DE LA PROPUESTA DE MEJORA	103
4.CONDICIONES TÉCNICAS Y OPERATIVAS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA	103
4.1UNIDADES NECESARIAS PARA PROCESO DE DESIONIZACIÓN	105
4.2 DIMENSIONAMIENTO DE PROPUESTA	106
4.2.1 Tanque de igualamiento (homogenización)	106
4.2.2 Tanque de coagulación-floculación	108
4.2.3 Bombas centrífugas	115
4.2.4 Tanques y bombas de dosificación	117
4.2.5 Válvula de bola	119
4.2.6 Filtros	119
4.2.7 Carcasas de Intercambio iónico	120
4.2.7.1 Regeneración de resinas	122
5. EVALUACION FINANCIERA DE LA PROPUESTA	127
5.1COSTOS DE INVERSIÓN	127

5.2COSTOS DE OPERACIÓN	128
5.2.1Insumos	128
5.2.2 Costo de la energía	129
5.2.3 Costo del agua	130
5.3 COSTOS TOTALES	130
5.4 BENEFICIOS	130
5.4.1 Beneficios ambientales	132
6. CONCLUSIONES	133
7. RECOMENDACIONES	135
BIBLIOGRAFÍA	136
ANEXOS	143

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Total de serafines mensualmente	36
Tabla 2. Parámetros tomados IN-SITU del tanque inicial.	44
Tabla 3. Parámetros tomados IN-SITU del tanque final.	45
Tabla 4. Resultados de análisis del agua.	48
Tabla 5. Comparación de parámetros medidos contra los límites permitidos en la norma	49
Tabla 6. Límites máximo para metales comparado con los valores obtenidos.	49
Tabla 7. Resultado análisis de aceites y grasas.	51
Tabla 8. Resultados de análisis agua después de filtración	51
Tabla 9. Clasificación de membranas de ósmosis inversa	66
Tabla 10. Ponderado de matriz de selección.	75
Tabla 11. Tiempo de reposo de muestra y altura de grasa	80
Tabla 12. Condiciones de gradientes y tiempos en el test de jarras	81
Tabla 13. Condiciones iniciales de la muestra	82
Tabla 14. Curva de neutralización en beaker con 500 ml de agua	82
Tabla 15. Dosificación coagulante 1	86
Tabla 16. Dosificación coagulante 2	87
Tabla 17. Dosificación coagulante 3	88
Tabla 18. 1 Dosificación de floculante	89
Tabla 19. 2 Dosificación de floculante	90
Tabla 20. Porcentaje de remoción en la muestra	93
Tabla 21. Análisis final de agua filtrada	97
Tabla 22. Ponderado de matriz de selección de resina catiónica.	101
Tabla 23. Ponderado de matriz de selección de resina Aniónica.	101
Tabla 24. Resultados aguas tratadas comparadas con la Norma ISO 3696:2994 y Resolución 1207 de 2014	102
Tabla 25. Cantidad de reactivos	108
Tabla 26. Especificaciones para cada columna.	126
Tabla 27. Costo de equipos	127
Tabla 28. Costo de insumos	128
Tabla 29. Costos de energía	129
Tabla 30. Costo de agua	130
Tabla 31. Costos totales de operación	130

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama de bloques del proceso de calibración de equipos volumétricos.	36
Figura 2. Diagrama de flujo de agua del tratamiento actual	38
Figura 3. Diagrama de procesos de reutilización de agua residual	38
Figura 4. Flujos de entrada y salida del proceso	39
Figura 5. Diagrama de bloques de la alternativa 1.	60
Figura 6. Diseño de electrodosionización en continuo.	62
Figura 7. Diagrama de bloques de la alternativa 2.	63
Figura 8. Modulo en espiral.	64
Figura 9. Diagrama de bloques de la alternativa 3.	67
Figura 10. Síntesis resinas quelantes.	68
Figura 12. Tipos de filtros de polipropileno	94
Figura 13. Diagrama de procesos de propuesta elegida	103
Figura 14. Tanque de igualación marca ETERNIT	107
Figura 15. Dimensiones de tanques ETERNIT	108
Figura 16. Número de potencia.	113
Figura 17. Bomba PEDROLLO	116
Figura 18. Características bomba centrífuga Pedrollo.	116
Figura 19. Bomba dosificadora	118
Figura 20. Válvula de bola	119

LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Trampas de grasa	39
Ilustración 2. Bomba de agua	41
Ilustración 3. Filtros estándar	41
Ilustración 4. Cartucho interno de los filtros	42
Ilustración 5. Tanque eternit 2000 l	42
Ilustración 6. Muestra inicial sin tratamiento	86
Ilustración 7. Resultados del primer test de jarras coagulante 1.	87
Ilustración 8. Resultados del segundo test de jarras	88
Ilustración 9. Resultados del tercer test de jarras	89
Ilustración 10. Resultados de test de jarras con floculante	90
Ilustración 11. Resultados de test de jarras con floculante	91

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Clasificación tratamientos secundarios	27
Cuadro 2. Clasificación del agua de acuerdo a su característica fisicoquímica especificaciones según ISO 3696: 1987 y la NC-ISO 3696:2004	30
Cuadro 3. Especificaciones técnicas de sulfato de aluminio	40
Cuadro 4. Especificaciones técnicas de pastillas de cloro	43
Cuadro 5. Operaciones unitarias necesarias para eliminar partículas indeseada	54
Cuadro 6. Ventajas y desventajas de la trampa de grasa	54
Cuadro 7. Ventajas y desventajas de filtración.	55
Cuadro 8. Ventajas y desventajas de flotación.	55
Cuadro 9. Ventajas y desventajas de coagulación.	55
Cuadro 10. Ventajas y desventajas de floculación.	56
Cuadro 11. Ventajas y desventajas de cloración.	56
Cuadro 12. Ventajas y desventajas de intercambio iónico.	57
Cuadro 13. Ventajas y desventajas de ultrafiltración.	57
Cuadro 14. Ventajas y desventajas de intercambio iónico.	58
Cuadro 15. Ventajas y desventajas de ósmosis inversa.	58
Cuadro 16. Ventajas y desventajas de la electrodesionización.	59
Cuadro 17 Densidad de las resinas	70
Cuadro 18. Criterios de selección y ponderación.	72
Cuadro 19. Evaluación de los criterios de selección para cada alternativa.	73
Cuadro 20. Reactivos usados en el desarrollo experimental	76
Cuadro 21. Equipos usados en test de jarras	78
Cuadro 22. Características de las sales de aluminio.	84
Cuadro 23. Cuando comparativo de floculantes	85
Cuadro 24. Imágenes de resultados del proceso	92
Cuadro 25. Filtros de polipropileno.	95
Cuadro 26. Características de cartucho de bloque de carbón activo.	97
Cuadro 27. Resinas	98
Cuadro 28. Criterios para selección de resinas	98
Cuadro 29. Calificación de matriz	99
Cuadro 30. Calificación para Factibilidad	99
Cuadro 31. Calificación para costos	99
Cuadro 32. Calificación para agente regenerantes	100
Cuadro 33. Calificación para tiempo de vida útil	100
Cuadro 34. Calificación para capacidad de intercambio	100
Cuadro 35. unidades de la planta actual.	105
Cuadro 36. Litros generados en calibraciones	106
Cuadro 37. Características de tanque.	110

Cuadro 38. Características del agua residual	110
Cuadro 39. Características del agitador	114
Cuadro 40. Dimensiones de tanques para preparar coagulante-floculante	118

LISTA DE ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. Disoluciones acidas y básicas.	30
Ecuación 2. Sólidos totales	31
Ecuación 3. Dosificación por litro	40
Ecuación 4. Masa de la capa de grasa.	80
Ecuación 5. Volumen de la capa de grasa.	80
Ecuación 6. Volumen del tanque de coagulación- floculación	109
Ecuación 7. Diámetro del tanque de coagulación- floculación	109
Ecuación 8. Altura del tanque coagulación- floculación	109
Ecuación 9. Diámetro del agitador	110
Ecuación 10. Distancia del fondo del tanque al agitador	111
Ecuación 11. Longitud del agitador	111
Ecuación 12. Numero de Reynolds	112
Ecuación 13. potencia del agitador.	113
Ecuación 14. Volumen de lodos	114
Ecuación 15. Masa de lodo	115
Ecuación 16 Volumen de tanques.	117
Ecuación 17. Diámetro tanque de coagulación	117
Ecuación 18. Diámetro tanque de floculación	117
Ecuación 19. Altura tanques	117
Ecuación 20. Numero de filtros.	119
Ecuación 21. Volumen lecho de la resina catiónica	120
Ecuación 22. Área de paso de la columna	121
Ecuación 23. Diámetro de la columna	121
Ecuación 24. Caudal del regenerante.	122
Ecuación 25. Velocidad de regeneración.	123
Ecuación 26. Masa del regenerante.	123
Ecuación 27. Masa del agua para la solución.	124
Ecuación 28. Volumen de agua para enjuagar la resina.	125
Ecuación 29. Dilución	150

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Caracterización inicial de agua	144
Anexo B. Proceso test de jarras.	148
Anexo C. Preparación de reactivos para test de jarras	149
Anexo D. Cantidad de coagulente y floculante	150
Anexo E. Bomba centrífuga	152
Anexo F. Ficha tecnica de reactivos	154
Anexo G. Ficha de seguridad de los reactivos	156
Anexo H. Cotización de reactivos	161
Anexo I. Resinas cationica	162
Anexo J. Resina aniónica	169
Anexo K. Caracteriz acion final del agua	175
Anexo L. Calibraciones mensuales	178
Anexo M. Recibo del agua	179
Anexo N. Recibo de la energía	180
Anexo O. Cotización de equipos	181
Anexo P. Agotamiento y regeneración de las columnas de intercambio iónico	185
Anexo Q. Recibo de pago en ecoentorno]	186

ABREVIATURAS

ST: Sólidos totales
A: Peso de la capsula vacía en mg
B: Peso de capsula más el residuo en mg
CEDI: electrodesionización en continuo
OI: Ósmosis inversa
RI: Resinas de intercambio iónico
SST: Sólidos suspendidos totales
PAC: Policloruro de aluminio
PPM: Partes por millón
L: Litros
NaOH: Hidróxido de sodio
NaCl: Cloruro de sodio
DBO: Demanda biológica de oxígeno
COP: Pesos colombianos
μm: Micrómetros
kWh: Kilo watts hora
D: Diámetro
E: Longitud
Re: Reynolds
CT: Características
EF: Eficiencia
mm: milímetros
CF: Coagulación-floculación
TR: Tasa retributiva.

GLOSARIO

AGUA GRADO 3: agua empleada en enjuagues y lavados, se utiliza para la preparación de soluciones con características físico-químicas especiales.

CALIBRACIÓN: proceso que permite determinar el volumen real de un recipiente para contener o suministrar un líquido evitando inconsistencias en las mediciones y optimizando el ahorro en costos de producción o manejo de inventarios¹.

ELECTRODESIONIZACIÓN EN CONTINUO: proceso en el cuál se mezcla el uso de membranas de intercambio iónico, resinas y un campo eléctrico de corriente continua para desionizar el agua².

LECHO MIXTO: equipos que utilizan resinas de intercambio iónico catiónica y aniónicas mezcladas en un mismo recipiente, producen agua de máxima calidad³.

PTAR: Planta de tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tiene como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua⁴.

QUELANTES: resinas con propiedades de un reactivo específico ya que forman quelatos selectivamente con algunos iones metálicos⁵.

RESINA: producto conformado por polímeros de elevado peso molecular, insolubles que contienen grupos funcionales capaces de intercambiar iones con una solución⁶.

SERAFÍN: medidores volumétricos patrón de 5 galones en acero inoxidable ampliamente conocidos por las lecturas precisas y rendimiento confiable⁷.

SWELLING: Hinchamiento de la resina por la absorción del disolvente en los poros de esta estructura polimérica.

¹ SERVIMETERS. Calibración volumetría metálicos y serafines. [En línea] [consultado 20 de julio] Disponible en línea: <<https://www.servimeters.com/calibracion-metalicos-serafin>>. 2017

² SANZ, GUERRERO Y ROCA. Producción de agua de alta pureza: electrodesionización en continuo (CEDI). VEOLIA Water Systems Ibérica. División agua de alta pureza. Febrero 2006.

³ CONSULTORA DE AGUAS. Lechos mixtos. [En línea] [consultado 20 de julio] Disponible en línea: <http://www.cdaguas.com.ar/pdf/aguas/13_Que_es_un_lecho_mixto.pdf>

⁴ MOBIUS. Planta de tratamiento de aguas residuales. [En línea] [consultado 20 de julio] Disponible en línea: <<http://mobius.net.co/que-es-una-ptar/>>

⁵ INTERCAMBIO IÓNICO. Capítulo 3. [En línea] [consultado 20 de julio] Disponible en línea: <<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/22193/Capitulo3.pdf>>

⁶ RESINAS INTERCAMBIADORAS DE IONES. [En línea] [consultado 20 de julio] Disponible en línea: <<http://www2.udec.cl/~analitic/Interc-iones.pdf>>

⁷ ENRIQUEFREYRE SAC. Medidores volumétricos patrón de acero inoxidable. [En línea] [consultado 20 de julio] Disponible en línea: <<http://www.efreyre.com/products/medidores-volumetricos-patron-de-acero-inoxidable-segun-norma-nist>>

RESUMEN

Dentro de uno de los procesos realizados en la empresa COLMETRIK SAS. por el método de transferencia de volumen en la calibración de equipos, se produce grandes cantidades de agua industrial contaminada, es importante resaltar que la empresa desea darle una reutilización es decir reincorporarla al proceso después de darle el tratamiento necesario estableciendo los parámetros bajo el límite máximo presentado en la norma, siendo así se presentó una propuesta de tratamiento de aguas residuales industrial que siga el objetivo de este proyecto.

Para lograr esto se hizo un análisis de los parámetros presentados en la norma a utilizar en este caso ISO 3696:2004 "Water for analytical laboratory use -- Specification and test methods" donde especifica los 4 parámetros a tener en cuenta para lograr un agua grado 3 (desionizada), estos son pH, conductividad eléctrica, DBO y residuos tras evaporación a 110 ° C, los cuáles se analizaron y se concluye que sobrepasan el límite máximo. Se propuso usar un proceso de coagulación y floculación, seguido de un sistema de filtración y se termina con resinas de intercambio iónico, se realizó un análisis de diferentes tipos de resinas con el fin de encontrar la más efectiva para reducir la conductividad eléctrica, finalmente se obtuvo una disminución en todos los parámetros, logrando la obtención de agua grado 3.

Palabras claves: Reutilizar, pH, conductividad, DBO, residuos, coagulación, floculación, filtración, intercambio iónico.

ABSTRACT

Within one of the processes carried out in the company COLMETRIK SAS. By the method of volume transfer in the calibration of equipment, we produce large quantities of contaminated industrial water, it is important to highlight that the company wishes to receive a reuse, that is to say, reinstate it to the process after receiving the necessary treatment by setting the parameters below the maximum limit presented in the standard, thus presenting a proposal for industrial wastewater treatment that follows the objective of this project.

To achieve this an analysis of the parameters established in the standard was made to use in this case ISO 3696: 2004 "Water for laboratory analytical use - Specification and test methods" where it specifies the 4 parameters to take into account to achieve a degree of water 3 (deionized), these are pH, electrical conductivity, BOD and residues after evaporation at 110 ° C, the analyzes were analyzed and it is concluded that they exceed the maximum limit. It was proposed to use a coagulation and flocculation process, followed by a filtration system and terminated with ion exchange resins, an analysis of different types of resins is performed in order to find the most effective to reduce electrical conductivity, finally obtained a decrease in all parameters, obtaining water grade 3.

Keywords: Reuse, pH, conductivity, BOD, residues, coagulation, flocculation, filtration, ion exchange.

INTRODUCCIÓN

COLMETRIK SAS. Es una empresa ubicada en el departamento de Cundinamarca en Cl. 74 #57b-38 en Bogotá, en donde se realiza el proceso de calibración de instrumentos en las magnitudes de tiempo y frecuencia, variables eléctricas, presión, temperatura, humedad, volumen (método gravimétrico y por transferencia), caudal, entre otras.

En las calibraciones de equipos volumétricos por transferencia de volumen se utiliza agua extraída del acueducto que se deposita en los recipientes metálicos de 5 gal, se realizan aproximadamente de 3 a 4 vertimientos, cada vertimiento genera entre 60 y 80 L de agua contaminada por proceso de calibración. El agua residual que genera este proceso contiene principalmente aceites (ACPM), gasolina y sólidos en suspensión. El ACPM es un combustible usado en automotores diésel con una densidad de 0,87 a 0,95 g/cm^3 ⁸. La gasolina es un combustible usado en motores de combustión interna, es el combustible líquido más usado, debido a que se puede ajustar a cualquier motor, tiene una densidad de 0,70 a 0,80 g/cm^3 ⁹, estas dos sustancias destruyen y contaminan aguas, modifican las características físicas de este recurso. Para todos los sectores industriales el agua es un recurso de gran importancia, por esta razón se busca una alternativa para reutilizar estos volúmenes de agua y evitar el desperdicio de esta, para este caso se reutilizara en procesos internos de la empresa los cuáles no requieren de un agua de alto nivel. El proceso de calibración de equipos requiere agua grado 3 la alternativa se ejecutara con el fin de cumplir la norma ISO 3696:2004 la cual establece los límites máximos permitidos para trabajar logar agua desionizada (agua grado 3).

En el capítulo 1, se hablara acerca de los fundamentos teóricos tales como los tratamientos de agua, la reutilización de este , los tipos de agua que se manejan en laboratorios y la norma ISO 3696:2004 que hace parte del marco legal de la propuesta; en el segundo capítulo de la propuesta se explica el proceso desarrollado en la empresa y de donde procede el agua residual que es la materia prima para el proceso que se va a llevar a cabo, es aquí donde se plantea el problema que se presenta en la empresa, seguido se explica el tratamiento que la empresa le está dando al problema por medio de un diagrama de flujo de agua. Seguido a esto se identifican y analizan los parámetros requeridos por la norma con el fin de identificar las características fisicoquímicas de la muestra de agua residual.

⁸ SECRETARIA DISTRITAL DE SALUD DE BOGOTA. Servicios biblioteca. ACPM. Características físicas Bogotá- Colombia. Disponible en línea: http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/A.C.P.M..pdf

⁹ SECRETARIA DISTRITAL DE SALUD DE BOGOTA. Servicios biblioteca. Gasolina. ACPM. Características físicas Bogotá- Colombia. Disponible en línea: http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/Gasolina.pdf

De acuerdo a este análisis, se decide examinar otros parámetros con el fin de justificar que la conductividad eléctrica excede mayormente el límite máximo que se establece en la norma, seguido a esto se establecen las alternativas y se elige de acuerdo a una matriz de selección, con el fin de elegir la mejor opción para proponer y reutilizar el agua en COLMETRIK SAS. Por ello se seleccionó la propuesta más rentable y eficaz, columnas de resinas de intercambio iónico que tiene un porcentaje de remoción alto y es un proceso eficaz para disminuir la conductividad eléctrica.

Por consiguiente se procede a realizar el desarrollo experimental en donde se encuentran las dosificaciones correctas para el proceso de coagulación-floculación, se analizan las resinas y filtros. Este proyecto termina mostrando lo rentable y viable de la propuesta, por medio de una relación B/C, en donde se tiene en cuenta los costos de inversión, operación del proyecto y se compara con el costo que actualmente maneja la empresa para darle tratamiento a esta agua residual.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Evaluar una propuesta de mejora para la reutilización de agua en los procesos de calibración de equipos volumétricos en COLMETRIK SAS.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el estado actual del tratamiento de agua de los procesos de calibración.
- Seleccionar el sistema de tratamiento de agua proveniente de los procesos de calibración.
- Establecer las condiciones técnicas y operativas de la alternativa seleccionada
- Realizar la evaluación financiera de la propuesta planteada

1. ASPECTOS GENERALES

En el primer capítulo se describen la clasificación que existe con respecto al proceso de tratamiento de aguas residuales; como también los tipos de agua que se pueden lograr con estos procesos, también se expone de manera breve el tipo de agua al que se desea llegar.

1.1 TRATAMIENTO DE AGUA

1.1.1 Clasificación de tratamientos de agua

1.1.1.1 Pretratamiento. Eliminación de materias gruesas, cuerpos gruesos y arenosos, cuya presencia en el efluente perturbaría el tratamiento total y el eficiente funcionamiento de las máquinas, equipos e instalaciones de la estación depuradora. Este proceso se puede llevar a cabo por desbaste, tamizado, desarenado, desengrase entre otros.

➤ Desbaste o cribado: El desbaste se realiza por medio de rejillas (rejas, mallas o cribas), y tiene como objeto retener y separar los cuerpos voluminosos flotantes y en suspensión, que arrastra consigo el agua residual.¹⁰

➤ Desarenado: se utiliza para la eliminación de arenas y sustancias solidas por suspensión.

➤ Trampa de grasa: interceptor que permite la separación y recolección de grasas y aceites del agua usada, esto equipos se utilizan para la prevención de taponamiento de tuberías debido a la acumulación de grasas, sirve para disminuir los niveles de DBO y DQO.¹¹

1.1.1.2 Tratamiento primario. Consiste en una serie de procesos químicos, físicos y biológicos que se usan para la eliminación de sólidos en suspensión y la preparación del agua para proceder a un tratamiento secundario. En esta etapa se tienen en cuenta los procesos como sedimentación, flotación, neutralización, floculación entre otras.

➤ Sedimentación: este proceso se usa para eliminación de sólidos suspendidos, este proceso utiliza la gravedad para la separación de sólidos en agua. Se lleva a cabo en diferentes etapas discreta, por floculación o por zonas.

¹⁰ HERNÁNDEZ, HERNÁNDEZ, GALÁN. Pretratamiento de aguas residuales. Universidad de salamanca. España 2010

¹¹ ISA. Ingeniera y servicios ambientales. Trampas de grasas. Quito –Ecuador 2015.

- Decantación: Su objetivo es la eliminación de la mayor parte posible de sólidos sedimentables por la gravedad, eliminar estos contaminantes es importante ya que si se dejan originarían fuertes demandas de oxígeno en el resto de las etapas¹².
- Flotación: es un proceso en el cuál se utiliza un gas que generalmente es aire para separar emulsiones y partículas sólidas de baja densidad del agua. Este proceso se lleva a cabo por una presurización y se termina con una despresurización.
- Floculación: En esta etapa se pretende aumentar el tamaño de los coágulos generados en la coagulación por medio de un agente químico y una agitación lenta para evitar el rompimiento de los flóculos en formación debido a que este proceso de floculación no es una reacción química. En esta etapa se necesita de otra operación unitaria para poder separar el floculo del agua, entre estos esta la sedimentación o la flotación¹³
- Coagulación: es un proceso de desestabilización química de las partículas al agregar un coagulante, este proceso se da por la compresión de las dos capas eléctricas que rodean a las partículas coloidales, se debe añadir que este procedimiento debe tener una fuerte agitación para favorecer la mezcla.
- Neutralización: Es un proceso que se lleva a cabo añadiendo una base o un ácido al agua para obtener un pH cercano a 7 , esto con el fin de evitar descargas alcalinas o acidas fuertes en medios acuáticos y alcantarillados, también para poder realizar tratamientos biológicos y químicos posteriores a este.

1.1.1.3 Tratamientos secundarios. Son procesos biológicos que remueven contaminantes biodegradables para convertirlo en gas o biomasa. Estos microorganismos convierten los contaminantes en fuente de carbono y energía. Este tipo de tratamiento puede ser aerobio o anaerobio.

¹²CENTA. Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Alianza por el agua.2008

¹³ 6 RUIZ. Tratamiento físico-químico de aguas residuales. Serví agua móvil, S.A: de C. V. México D.F.

Cuadro 1. Clasificación tratamientos secundarios

Tipo	Crecimiento	Proceso	Uso principal
Aerobios	Suspendido	Lodos activados -Convencional -Mezcla completa -Aireación escalonada --Estabilización y contacto -Oxígeno puro -Tasa alta -Aireación prolongada -Proceso Krauss -Zanjón de oxidación Lagunas aireadas Digestión aerobia Lagunas aerobias.	Remoción de DBO y nitrificación. Remoción de DBO y nitrificación Remoción de DBO-estabilización Remoción de DBO y nitrificación.
	Adherido	Filtros percoladores -Tasa baja -Tasa alta Torres biológicas Unidades rotatorias de contacto biológico Reactores de lecho fijo	Remoción de DBO y nitrificación. Remoción de DBO y nitrificación. Remoción de DBO y nitrificación. Remoción de DBO y nitrificación.
Anoxicos	Suspendido adherido	Bardenpho Desnitrificación Desnitrificación	Remoción de DBO,N y P Remoción de nitrógeno Remoción de nitrógeno
Anaerobios	Suspendido	Digestión anaerobia Anaerobio de contacto	Remoción de DBO-estabilización Remoción de DBO
	Hibrido	Lagunas anaerobias Manto de lodos-Flujo Ascensional(PAMLA) o UASB	Remoción de DBO-estabilización Remoción de DBO y SS
	Adherido	Filtro anaerobio Lecho expandido	Remoción de DBO-estabilización Remoción de DBO-estabilización

Fuente: Elaboración propia, en base con: ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento De Aguas Residuales: Teoría y Principios De Diseño. 3 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008. p. 227.

- Tratamiento aerobios: procesos de tratamiento biológico que se dan en presencia de oxígeno

Lodos activados: es un método estándar que tiene como objetivo la remoción de materia orgánica en términos de DQO de las aguas residuales.

El empleo de lodos activados ofrece una alternativa eficiente para el tratamiento de aguas residuales ya que poseen una gran variedad de microorganismos capaces de remover materias orgánicas, patógenas y nutrientes.¹⁴

- Tratamientos anaerobios: Son procesos que se dan en ausencia de oxígeno en reactores cerrados, este tipo de tratamiento se da cuando el agua residual industrial contiene alta carga orgánica.

1.1.1.4 Tratamientos terciarios. Se utiliza cuando se desea separar un compuesto o contaminante específico, estos procesos presentan costos muy elevados. Un tratamiento terciario consiste generalmente en una coagulación-floculación, una decantación y una filtración¹⁵.

➤ Intercambio iónico: en este proceso se utilizan minerales porosos naturales como la zeolita, permite la separación de cationes metálicos en solución que se difunden a través de intersticios del material, ocupando el sitio de iones fácilmente permutables hacia la solución, como el Na⁺ y el K⁺, entre otros (Barrer, 1978).

➤ Filtración: Es un proceso factible ya que se pueden usar materiales de bajo costo como medio de filtración. Los sólidos que provienen del tratamiento biológico en gran parte están constituidos por flóculos de microorganismos que al ser separados por filtración pueden constituirse en una biopelícula activa.¹⁶

➤ Ósmosis inversa: Es aquel proceso en el cuál se usa una presión al agua cruda con el fin de vencer la presión osmótica de ambas soluciones, la presión hace que el agua atraviese una membrana la cual retiene las sales disueltas de gran tamaño. Existen diferentes tipos de membranas se pueden clasificar según su estructura ya que pueden ser simétricas o asimétricas; según su forma puede ser plana, tubular o de fibra hueca, también por su composición química, ya que se dividen en neutras, catiónicas o aniónicas ;según la carga superficial se clasifica en integral o de capa fina, por su naturaleza ya que pueden ser membranas orgánicas o inorgánicas y finalmente pero no menos importante según la presión de trabajo, usualmente este

¹⁴ JOURNAL OF TECHNOLOGY. Revista de Tecnología• Volumen 7, No. 2, Julio - Diciembre 2008 • ISSN1692-1399 • P. 21-28

¹⁵ JAUME.Reutilización de aguas residuales. Master en aguas residuales

¹⁶ VACA, MAGDALENO, SOSA, MONROY, JIMÉNEZ .Tratamiento terciario de aguas residuales por filtración e intercambio iónico. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco

proceso utiliza altas presiones, pero también se debe tener en cuenta la concentración de sales en el agua, así se considera el tipo de presión a usar.

➤ **Electrodesionización:** Proceso que mezcla dos técnicas la electrodiálisis y el intercambio iónico. Trabaja de forma continua y la regeneración de las membranas es continua. En combinación con la ósmosis inversa este proceso puede llegar a eliminar el 99,9% de los iones del agua¹⁷.

1.1.1.5 Tratamientos avanzados. Son procedimientos de costos mayores en comparación con lo los tratamiento terciarios, su función es eliminar contaminantes remanentes y desinfección, en estos proceso se utilizan tecnología y equipos más avanzados, algunos procesos destacados son por membranas, electrocoagulación, adsorción, precipitación química, arrastre por agua o aire, procesos de reducción y oxidación.

1.2 TIPOS DE AGUA

Según la norma ISO 3696:2004 existen 3 grados para clasificar el agua, se encuentra grado 1, grado 2 y grado 3, a continuación su definición:

Grado 1. Agua sin contaminantes constituidos por iones disueltos o coloidales y materia orgánica. Es utilizada cuando se necesita agua de alta pureza, para cromatografía líquida de alta definición¹⁸. También denominada agua ultra pura.

Grado 2. Posee pocos contaminantes inorgánicos, orgánicos y coloidales, se utiliza en procesos delicados, tal como la espectrofotometría de absorción atómica y determinación de componentes en cantidades mínimas. Se obtiene por los siguientes métodos destilación múltiple, desionización u ósmosis inversa seguida de una destilación.¹⁹

Grado 3. Se utiliza para procesos menos rigurosos, para trabajos de química en laboratorios por vía húmeda y la preparación de reactivos. Para proceso internos que no requieran agua con estándares tan altos; se puede obtener por una sola destilación, por desionización, electrodesionización o por ósmosis inversa.²⁰

¹⁷ SANZ, J., GUERRERO, L., ROCA, M. Artículo Veolia Water Solutions & Technologies. Revista Farmaindustrial. Omnimedia S.L. Madrid, noviembre/diciembre de 2006 p. 28-31

¹⁸ VALDIVIA, PEDRO, LAUREL .Instituto nación de investigación en metrología. Agua para uso en laboratorios. Ministerio de ciencia tecnología y medio ambiente ciudad de la Habana, Cuba, P. 5.

¹⁹ *Ibíd.*, p .5

²⁰ *Ibíd.*, p. 6.

1.3 PARAMETROS A TENER EN CUENTA PARA OBTENER AGUA GRADO 3

Para obtener el tipo de agua que se requiere es de suma importancia establecer los parámetros necesarios de acuerdo a la norma por medio de una caracterización con el fin de identificar los mejores procesos para el tratamiento de esta. En este proyecto se desea reutilizar el agua procedente de las calibraciones, por lo cual se necesita evaluar la calidad del agua, para esto se tendrán en cuenta 4 parámetros que establece la norma, pH, conductividad, DBO y residuos tras evaporación a 110°C. El análisis de dichos parámetros se evidencia en el Anexo A. A continuación el fundamento teórico de cada parámetro.

- Conductividad eléctrica: propiedad física que poseen las soluciones acuosas para conducir la corriente eléctrica, depende de la presencia de sales las cuáles contienen iones, de la concentración, valencia y movilidad de estos²¹. Las soluciones con características orgánicas conducen la corriente en muy baja escala.
- pH: depende de la presencia de protones o iones de hidronio, la escala va desde el 0 hasta 14, entre más cerca al 0 mayor acidez y entre más cerca al 14 más básico; existen una gran cantidad de posible concentraciones de iones de hidronio e hidroxilo.²²

Ecuación 1. Disoluciones acidas y básicas.

Agua pura:	$[H_3O^+] = 1.0 \times 10^{-7} M$	$pH = 7$
Disolucion ácida:	$[H_3O^+] > 1.0 \times 10^{-7} M$	$pH < 7$
Disolucion básica:	$[H_3O^+] < 1.0 \times 10^{-7} M$	$pH > 7$

Fuente: MONTE, Inés. Agua, pH y equilibrio químico: Entendiendo el efecto del dióxido de carbono en la acidificación de los océanos. Licenciatura y maestría en Química por la UNAM Primera edición, 2016.P. 43.

- DBO: Concentración de la materia orgánica de aguas residuales, medida de cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable. La oxidación microbiana es una de las principales

²¹ SUAREZ, Sanabria Doris. IDEAM. Conductividad eléctrica por el método electrométrico en aguas. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+El%C3%A9ctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4>. 2006.

²² MONTE, Inés. Agua, pH y equilibrio químico: Entendiendo el efecto del dióxido de carbono en la acidificación de los océanos. Licenciatura y maestría en Química por la UNAM Primera edición, 2016.P. 42-43.

reacciones que ocurren en cuerpos de aguas, este proceso lo hacen los microorganismos heterotróficos. Se utiliza un ensayo de DBO a cinco días.²³

- Residuos tras evaporación a 110°C: Parámetro físico-químico, incluye el residuo no filtrable y el filtrable también llamados sólidos en suspensión y disueltos respectivamente. Se efectúa por el método gravimétrico²⁴. Estos residuos son denominados sólidos totales. Los sólidos totales se calculan de la siguiente forma.

Ecuación 2. Sólidos totales

$$ST = \frac{(B - A) \times 1000}{ml \text{ de muestra}}$$

Fuente: Giraldo, Gloria Inés. Manual de análisis de aguas. Universidad nacional de Colombia. Facultad de ciencias y administración.1995. P.19-25.

En las aguas crudas existen 3 tipos de sólidos no sedimentables: suspendidos, coloidales y disueltos. Los suspendidos se transportan por medio de arrastre, los más grandes son llamados sedimentables mientras los más pequeños son denominados los sólidos no sedimentables; los sólidos coloidales son los más finos, también bacterias partículas causantes de color, olor, virus entre otros, este tipo de partícula no sedimenta sino hasta después de un largo tiempo. Los sólidos disueltos no son sedimentables y son los que ocasionan problemas de olor, sabor, color y salud se puede remover por precipitación o por métodos físicos y químicos.²⁵

1.4 REUTILIZACIÓN DE AGUA

Actualmente el recurso hídrico que nos provee el medio ambiente es de gran importancia para todos los seres vivos, por esta razón se deben buscar diferentes alternativas que beneficien o eviten el gasto innecesario de este recurso. Cabe aclarar que no solo se utiliza en actividades humanas sino es de gran importancia para los procesos llevados a cabo en todas las áreas industriales. Debido a la gran

²³ NAVARRO, María Olga. IDEAM. Demanda bioquímica de oxígeno 5 días, incubación y electrometría Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%A9geno.pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>. 2007.

²⁴ ENCICLOPEDIA DEL MEDIO AMBIENTE. Determinación de residuo seco. carretera de la Coruña, km 23.200, edificio las rozas 23 28230 las rozas.

²⁵ HERNANDEZ, Ana María. IDEAM. sólidos suspendidos totales en agua secados a 103 – 105°C. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>

cantidad de contaminación en todo tipo de aguas, es por esta razón resaltar la importancia de cuidar y reutilizar el agua.

Adicionalmente cabe resaltar que se han creado varias multas por contaminación al verter aguas residuales al alcantarillado, lo que genera pérdidas para algunas empresas o hasta el cierre total. Teniendo en cuenta lo anterior se muestran todas las opciones que se tienen para reutilizar este recurso.

Según el IGME²⁶, se establecen 6 grupos para dividir los reusos que se le puede dar al agua residual:

1.4.1 Reutilización en el medio urbano. En este ítem se tiene varios usos, ya sea en riego de zonas industriales, comerciales, cultivos o urbanizaciones, también en limpieza de automóviles, zonas urbanas y demás, también en lavado de cristalería, otro uso de importancia es en las redes de agua contra incendio.

1.4.2 Usos industriales. Se da cuando las industrias requieren agua para procesos que no necesitan agua de alta calidad, sus usos más frecuentes es en sistemas de refrigeración, aguas de alimentación de calderas y aguas de proceso.

- **Sistemas de refrigeración:** este proceso requiere grandes volúmenes de fluido, la calidad de aguas de refrigeración depende del fin que se le va a dar y que tipo de proceso se quiere prevenir, entre estos se puede tener en cuenta la formación de costras, crecimiento biológico, obstrucciones etc.
- **Agua de alimentación de calderas:** debido a la pequeña cantidad y volúmenes que proveen las empresas en agua tratadas para dicho uso, esta es una alternativa poco desarrollada y adoptada por las diferentes industrias
- **Aguas de proceso:** para reutilizar el agua en los diferentes procesos existentes en las industrias se debe tener en cuenta las necesidades específicas de calidad de cada proceso, por lo cual actualmente no se tiene mucha experiencia en dicha área.

1.4.3 Usos agrícolas. el volumen del agua que se utiliza actualmente en el área agrícola es diez veces mayor que la demanda existente para cualquier otro uso, para desarrollar esta actividad se deben tener en cuenta 3 parámetros, la necesidad del riego, el nivel de calidad que se requiere y las consideraciones del diseño del sistema:

- **Demanda de riego:** varía de acuerdo a las condiciones físicas que presente la tierra.

²⁶IGME .Nuevas tecnologías para el saneamiento, depuración y reutilización de las aguas residuales en la provincia de Alicante. Madrid-España 1995

- **Calidad de agua:** el agua que se usa en riego agrícola tiene parámetros que no se pueden sobrepasar, tales como salinidad, sodio o cloro residual por lo que se debe revisar o tener un control total del recurso que se va a usar en dichos procesos de riego ya que puede influir de forma desfavorable.
- **Consideraciones del diseño del sistema:** el riego con agua residual debe tener un control en cuanto a caudal y sistemas de monitorización para evitar daños al cultivo

1.4.4 Aplicación a la conservación y gestión de espacios naturales. La reutilización del agua residual en usos de conservación y gestión de espacios naturales comprende estanques artificiales, canchas de fútbol, golf, producción de nieve artificiales, creación de humedales o refugios a la vida animal.

1.4.5 Recarga artificial de acuíferos. Se utiliza en diferentes áreas tales como barreras de intrusión, tratamiento suelo-acuífero, para almacenamiento y subsidencia.

1.4.6 Adaptación a recursos de agua potable. se le clasifica en dos usos, directo o indirecto.

1.5 MARCO LEGAL

1.5.1 Norma ISO 3696:2004. La norma habla sobre los tipos de agua que se usan para laboratorios, este trabajo se fundamenta en esta norma ya que según la normatividad que tiene la empresa para la calibración por método volumétrico, nos manda directamente a leer la OIML R 120 donde especifica donde se puede encontrar los parámetros del agua utilizada en este procedimiento, la norma que nos brinda es la OIML R 43, la cual especifica qué tipo de agua se debe usar, en este caso aclara y se fundamenta que el agua debe ser destilada o desionizada de alta pureza.

Analizando lo anterior, se toma como referencia la norma ISO 3696 del año 2004 que trata los diferentes grados de agua que existen, se buscó en esta norma el agua tratada por destilación o deionización, dando como resultado el agua grado 3, esta norma provee los parámetros a tener en cuenta para obtener el agua de este tipo, sin cavidad a errores. Los parámetros a tener en cuenta para este trabajo son pH, conductividad eléctrica, sólidos totales y DBO, ya que son los datos que provee la norma.

Cuadro 2. Clasificación del agua de acuerdo a su característica fisicoquímica especificaciones según ISO 3696: 1987 y la NC-ISO 3696: 2004.

Parámetro	Grado 1	Grado 2	Grado 3
pH a 25°C	N/A	N/A	5,0 a 7,5
Conductividad eléctrica $\mu\text{s/cm}$ 25°C, máx.	0,1	1,0	5,0
Material oxidable Contenido de oxígeno máx. en mg/L	N/A	0,08	0,4
Unidades de absorbancia, máx.	0,001	0,01	No especificado
Sólidos suspendidos totales mg/L, máx.	N/A	1	2
Contenido de sílice (SiO_2) máx. en mg/L	0,01	0,02	No especificado

Fuente: elaboración propia, en base con: INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES EN METROLOGÍA. Agua para uso en laboratorios. Agua grado 3. Ciudad de La Habana, Cuba

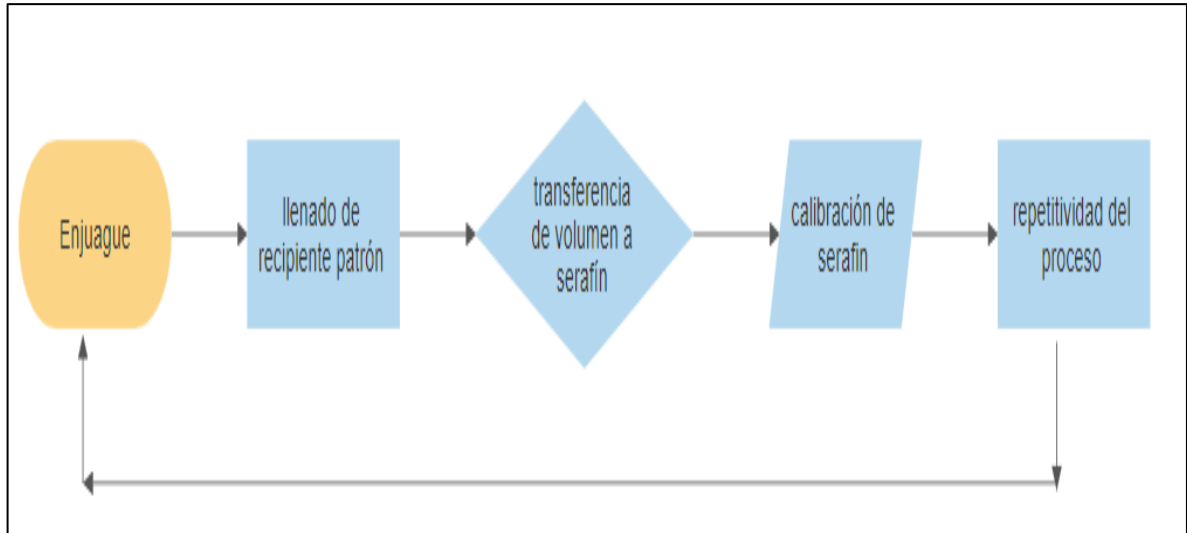
2. DETERMINAR EL ESTADO ACTUAL DEL TRATAMIENTO DE AGUA

En este capítulo en primer lugar se describe el proceso de calibración de equipos volumétricos paso a paso, seguido de la descripción de quipos y la evaluación de estos teniendo en cuenta el proceso actual de la empresa; en este caso se analizan parámetros como aceites y grasas, sólidos SST y aluminio, finalmente se termina este capítulo con la caracterización del agua tanto en el tanque inicial y final, se evaluaron los parámetros presentados en la norma ISO: 3696, como también se evaluaron metales e iones con el fin de justificar la conductividad eléctrica de la muestra de agua que se tiene.

2.1 PROCESO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS VOLUMÉTRICOS

COLMETRIK SAS realiza el proceso de calibración de serafines por método volumétrico, teniendo en cuenta la norma EURAMET cg -21, el proceso que se lleva a cabo es el siguiente; se llena un recipiente patrón con agua hasta que el menisco de esta se encuentre sobre la línea del 0, antes de pasar esta agua ya medida en el equipo patrón, se hace el lavado del serafín; los serafines son recipientes volumétricos, que tienen un cuello angosto donde se encuentra una escala graduada que indica el volumen nominal y las variaciones mínimas de volumen, la empresa maneja diferente tipos de serafín de 5 gal, 50 gal y 200 gal, pero el que llega con mayor frecuencia para calibración es el de 5 gal, como se dijo anteriormente, antes de transferir el volumen medido en el equipo patrón se realiza un enjuague del serafín para eliminar cualquier impurezas como hojas, tierra o líquidos densos como ACPM y desengrasante que afecten la medida en la calibración, esta agua residual es vaciada en el proceso que se lleva a cabo para el tratamiento de agua, siguiente a esto, se hace la transferencia del líquido en este caso agua, al serafín, repitiendo el anterior procedimiento 2 veces para disminuir el porcentaje de error, y que el equipo quede bien calibrado, si la medida en la escala del serafín es diferente a la escala del equipo patrón se debe re ajustar la escala esto quiere decir que se suelta la escala y se ubica bien hasta que el menisco este igual que en el equipo patrón, este procedimiento se lleva a cabo durante el segundo llenado y ya el tercero se hace para descartar cualquier error.

Figura 1. Diagrama de bloques del proceso de calibración de equipos volumétricos.



Fuente: elaboración propia.

La empresa suministro la información correspondiente a los meses del presente año con el número de serafines que llegaron a la empresa; el registro es de 10 meses y la información se puede ver completa en el Anexo L. En la tabla 1 se observa el número total de serafines por mes y se saca la peor situación para el proceso de dimensionamiento de equipos y análisis financiero.

Tabla 1. Total de serafines mensualmente

Mes	# total de serafines
Enero	12
Febrero	18
Marzo	7
Abril	7
Mayo	17
Junio	9
Julio	9
Agosto	12
Septiembre	12
Octubre	6

Fuente: elaboración propia

En la tabla se observa que en el mes de febrero llegaron 18 recipientes volumétricos, este es el número que se maneja para el proceso de especificación técnicas de la propuesta seleccionada. Se planifica que el proceso de calibración de los serafines se hará día de por medio para dos recipientes volumétricos, siendo así sale un total de 9 procesos de calibración al mes.

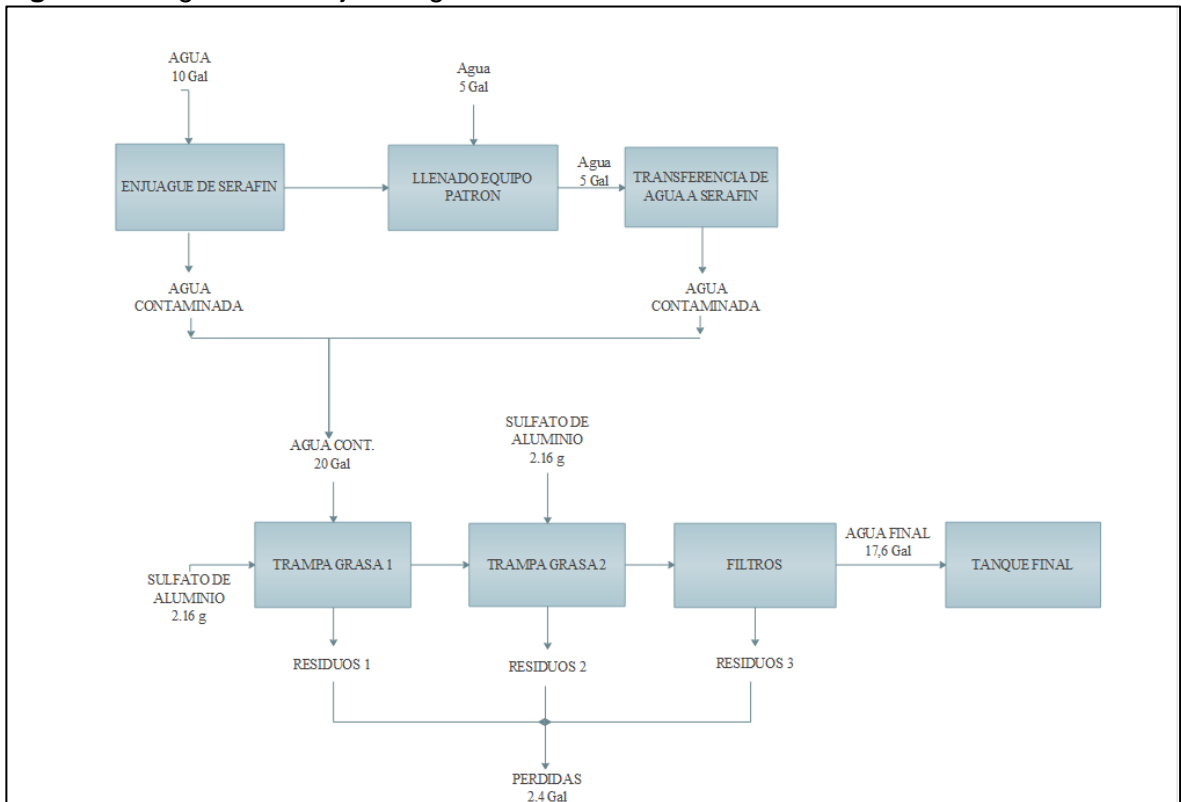
2.2 TRATAMIENTO DE AGUA ACTUAL DE LA EMPRESA

En la actualidad, COLMETRIK SAS desarrolló un proceso para tratar el agua procedente del procedimiento de calibración anteriormente descrito; el proceso que se lleva a cabo, es un método hallado por ensayo y error teniendo procesos unitarios básicos como trampas de grasas y filtros. Esto no ha beneficiado a la empresa ya que el agua que obtiene finalmente cuenta con rastros de aceites, afectando en si la calibración de serafín.

Como se dijo anteriormente el proceso es bastante empírico pues el agua que sale del enjuague y de cada llenado del serafín es depositada en un lavamanos que está conectado por medio de tuberías a las trampas de grasas, posterior a este proceso de vertimiento pasa por una primera trampa con una capacidad volumétrica de 95L, allí se añade sulfato de aluminio para agilizar el proceso de separación por suspensión dejando pasar el líquido menos contaminado a la segunda trampa de grasa, en esta etapa se agrega nuevamente el mismo coagulante para dar un mejor resultado.

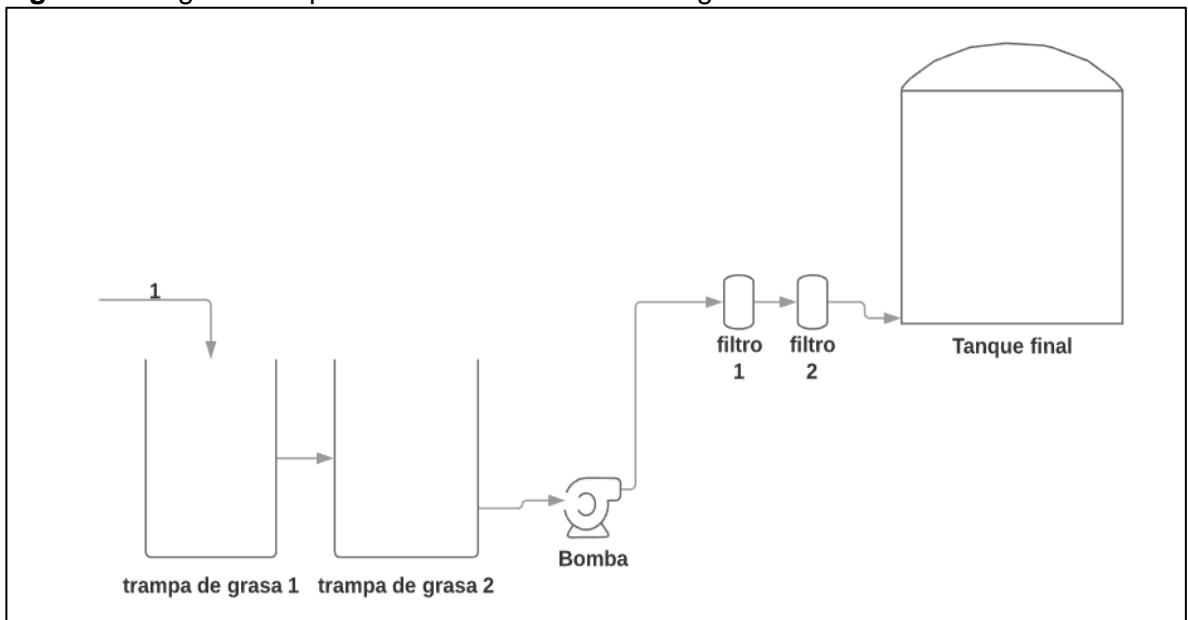
La siguiente etapa esta provista por una moto bomba, que se encarga de bombear el agua a la segunda planta de la empresa, para continuar con los filtros en este proceso se cuentan con dos filtros de agua de uso doméstico que contiene papel filtro en su interior, finalizando el proceso de tratamiento de agua se almacena en un tanque final de 2000L.

Figura 2. Diagrama de flujo de agua del tratamiento actual



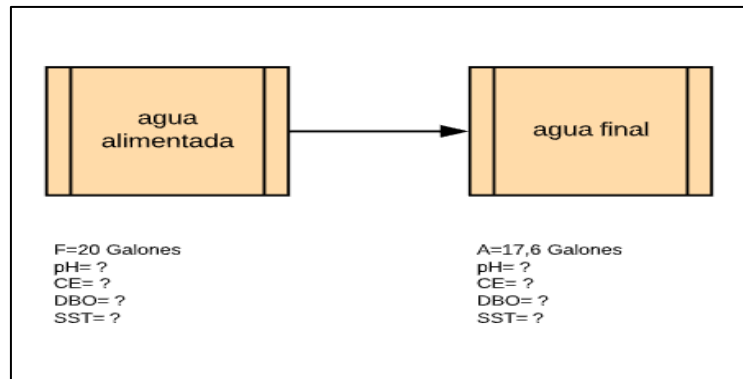
Fuente: elaboración propia

Figura 3. Diagrama de procesos de reutilización de agua residual



Fuente: elaboración propia

Figura 4. Flujos de entrada y salida del proceso



Fuente: elaboración propia.

2.3 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS

Se realizara la descripción de los equipos que actualmente se usa para el proceso de reutilización de agua proviniendo de la calibración de serafines.

- **Trampas de grasas:** hoy en día el proceso cuenta con dos (2) trampas de grasa consecutivas conectadas por tubería, las dimensiones de este equipo son de alto 0,48 metros, 0,63 metros de anchos con una capacidad de 95 L y está fabricado en PVC tiene un diámetro de salida de ½ pulgada. Su función es retener y separar grasas y residuos sólidos, esta retiene por sedimentación los sólidos suspendidos y por flotación el material graso, facilitando su eliminación ya que la grasa es más liviana que el agua, este equipo cuenta con dos compartimentos, por el más grande llega el agua residual y por el compartimento más pequeño sale el agua ya sin grasa ni sólidos. La limpieza de este equipo depende de la frecuencia con que se hagan las calibraciones, ya que no es un proceso continuo. Usualmente se hace un lavado cada 2 o 3 semanas.

Ilustración 1. Trampas de grasa



Fuente: elaboración propia

- **Coagulación:** se realiza un proceso de coagulación dentro de la trampa de grasa en donde se añade una dosificación de 2,168 g/L en las trampas sin disolución previa, teniendo en cuenta que el volumen de la trampa es de 95 L, esta medida la añaden los técnicos de la planta de manera empírica. El coagulante que se usa es sulfato de aluminio granulado tipo A.

Dosificación

Se está añadiendo 206 g a cada trampa de grasa es decir:

Ecuación 3. Dosificación por litro

$\frac{206 \text{ g de sulfato de aluminio}}{95 \text{ L de agua}} = 2,168 \text{ gramos de sulfato/L}$ $= 2168 \text{ ppm}$
--

Fuente: elaboración propia

Con la ecuación 3 se observa la dosificación que se está usando para el proceso de coagulación, se debe aclarar que esta dosis es por trampa de grasa, dando en total de 6504 ppm de sulfato de aluminio en esta etapa.

Cuadro 3. Especificaciones técnicas de sulfato de aluminio

Producto	Tipo A Solido
Apariencia	Amarillo/blanco
Al_3O_3 Min %	17.00 min
Hierro con Fe_3O_3	0.75 máx.
Materia insoluble máx. %	0.50

Fuente: elaboración propia

- **Bomba de agua centrífuga:** para el proceso se utiliza una bomba CPm 620 monofásica modelo 6203 ZZ que es capaz de mantener un caudal entre 10 a 100 l/min con una potencia de 1 hp maneja un voltaje de 127 V y 11,5 A su uso es simple lo que facilita el manejo actual del procedimiento en la empresa, estas bombas son recomendadas para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos no agresivos.

El cuerpo de la bomba está fabricada en hierro fundido con bocas roscadas, la tapa es de acero inoxidable, el diámetro de succión es de 1" y el diámetro de descarga es 1" pesa aproximadamente 11 Kg. Consume 5.2 A.

Ilustración 2. Bomba de agua



Fuente: elaboración propia

- **Filtros:** para el proceso de filtración la empresa cuenta con dos filtros de agua, los cuáles son de carcasa estándar de 10 pulgadas con entrada de 3/4 pulgadas, estas son de estireno acrilonitrilo (SAN) que al ser transparente permite visualizar el flujo y la vida útil del cartucho, posee un botón de alivio para cambiar el flujo, presión y temperatura, el cartucho que lleva por dentro es un filtro de polipropileno de 10 pulgadas de 5 μm .

Ilustración 3. Filtros estándar



Fuente: elaboración propia

Ilustración 4. Cartucho interno de los filtros



Fuente: elaboración propia

- **Tanque:** Finalizando el proceso se encuentra un tanque de 2000 L marca ETERNIT con una altura de 1.83 m y ancho 1.22 m, es de polietileno de color negro, viene con tapa y el juego de conexiones, este tanque es donde se almacena el agua proveniente del tratamiento efectuado en la empresa.

Ilustración 5. Tanque ETERNIT 2000 L



Fuente: elaboración propia

- **Desinfección:** tal cual el proceso de coagulación, la desinfección del tanque final para evitar el crecimiento de cualquier microorganismo se está añadiendo una pastilla de cloro de 20 gramos por proceso de calibración, lo que quiere decir que se está añadiendo 0,2 g/L siendo un proceso empírico, ya el técnico lo ha hecho por ensayo y error, tratando de evitar turbidez en el agua.

Cuadro 4. Especificaciones técnicas de pastillas de cloro

Propiedades	Especificaciones
Cloro efectivo %	90±0.5
Humedad	≤0.5
pH (solución al 1%)	2.7-3.3
Olor	Característico al cloro

Fuente: elaboración propia en base a: BLUE GOLD, Ingeniería y soluciones en tratamientos de aguas. Ficha técnica de pastillas de cloro.PDF. Nov 1.2018

2.4 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE AGUA INICIAL Y FINAL

Para el proceso de caracterización del agua residual proveniente de la calibración de los serafines se realizó una toma de muestra por medio de un muestreo simple, debido a que el agua no presenta gran cantidad de contaminantes.

Este consistió en la recolección de una muestra después de completar tres procesos de calibración en un día, se mezcló en un solo recipiente y se analizaron dos muestras de 1000 ml, una de las muestras anteriores se llevó al laboratorio de la empresa para aplicarle algunos de los análisis IN-SITU tales como pH, temperatura y conductividad eléctrica, mientras que la otra muestra se refrigeró para poder llevarla a un laboratorio externo para analizar los otros parámetros DBO y sólidos suspendidos totales.

2.4.1 pH y conductividad. La tabla 2 presenta los resultados obtenidos IN-SITU tomados de un tanque inicial en el proceso de calibración del serafín.

Tabla 2. Parámetros tomados IN-SITU del tanque inicial.

Muestra	Hora	pH	T(°C)	Conductividad eléctrica μS /cm
1	2:00	6.23	21	60,8
2	2:30	6.28	21	60,8
3	3:00	6.27	21	61,3
4	3:30	6.31	21.1	61,5
5	4:00	6.33	21.2	61,3
6	4:30	6.76	21.5	58,7
7	5:00	6.72	21.5	59,2
8	5:30	6.73	21.5	62
PROMEDIO		6.45375	21.22	60,7
Desviación estándar		0,2363	0,2375	1,1538

Fuente: elaboración propia

Se realizó también un muestreo en el tanque final después del tratamiento de agua que se da actualmente en la empresa obteniendo los siguientes resultados, mostrados en la tabla 3, se tomó una muestra de 2000 mL, la cual se repartió para los análisis hechos IN-SITU y los análisis en el laboratorio externo.

Tabla 3. Parámetros tomados IN-SITU del tanque final.

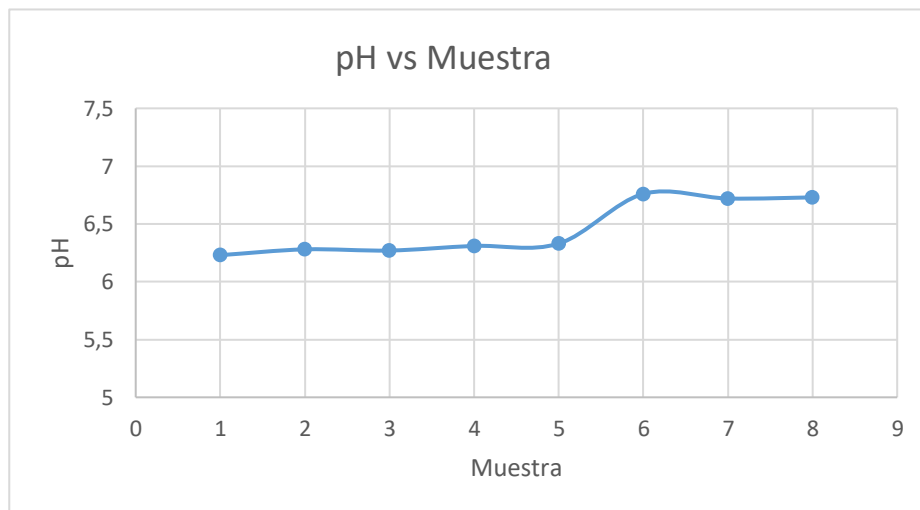
Muestra	hora	pH	T(°C)	Conductividad eléctrica $\mu\text{S/cm}$
1	8:50	4.55	20	172
2	9:20	4.43	20	168
3	9:50	4.53	20	174
4	10:20	4.50	20	173,2
5	10:50	4.54	20	172
6	11:20	4.52	20	172,4
7	11:50	4.50	20	175
8	11:20	4.48	20	174
PROMEDIO		4.5062	20	172,575
Desviación estándar		0.0385	0	2,1365

Fuente: elaboración propia

Este proceso de muestreo se llevó a cabo en dos días debido a que el tratamiento que actualmente tiene la empresa tarda en llevar el agua hasta el tanque final, además se hizo la toma inicial en un solo día debido a que los serafín no llegan de manera constante a la empresa, y el hecho de contar con tres instrumentos al momento de la muestra fue de gran ayuda.

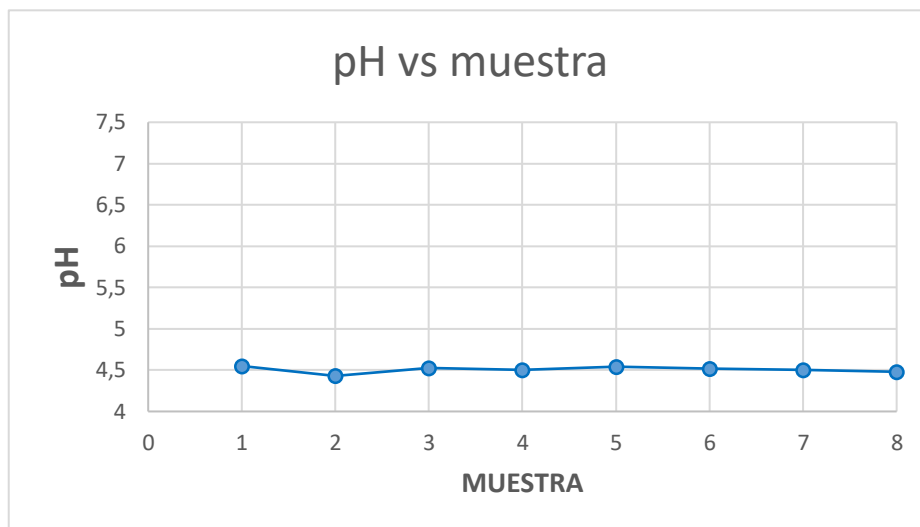
En la gráfica 1 se muestra la variación del pH con respecto a cada una de las muestras que se tomó, donde se puede comprobar que el pH mínimo es de 5,23y un valor máximo de 5.76.

Gráfica 1. pH vs muestra tanque inicial



Fuente: elaboración propia

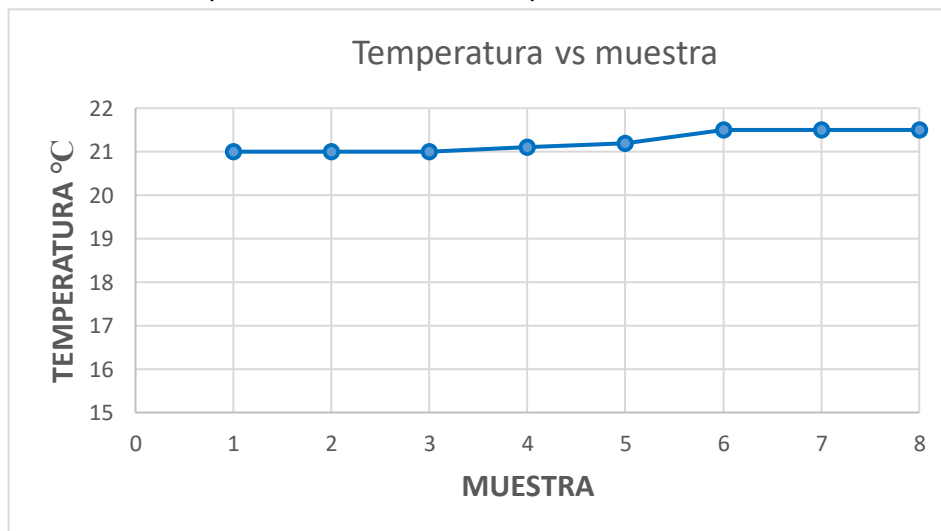
Gráfica 2. pH vs muestra tanque final



Fuente: elaboración propia

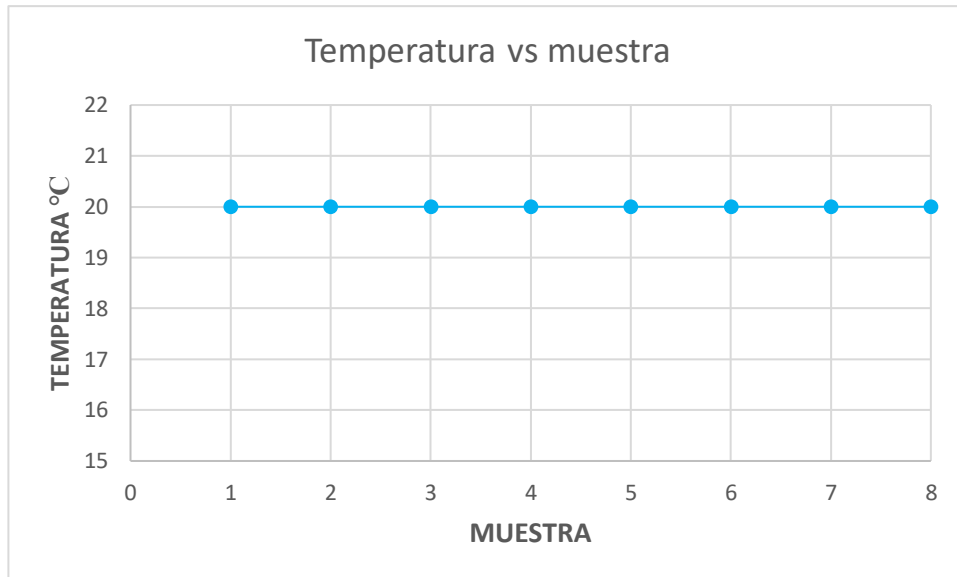
Se analizó la temperatura durante el proceso de muestreo, sabiendo que la temperatura del laboratorio donde se realizaron los análisis tiene una temperatura constante de 22°C, se observa en este análisis que el punto más bajo fue de 21°C y la temperatura más alta fue 21.5°C siendo esta para las ultimas 3 muestras que se analizaron en el laboratorio.

Gráfica 3. Temperatura vs muestra tanque inicial



Fuente: elaboración propia

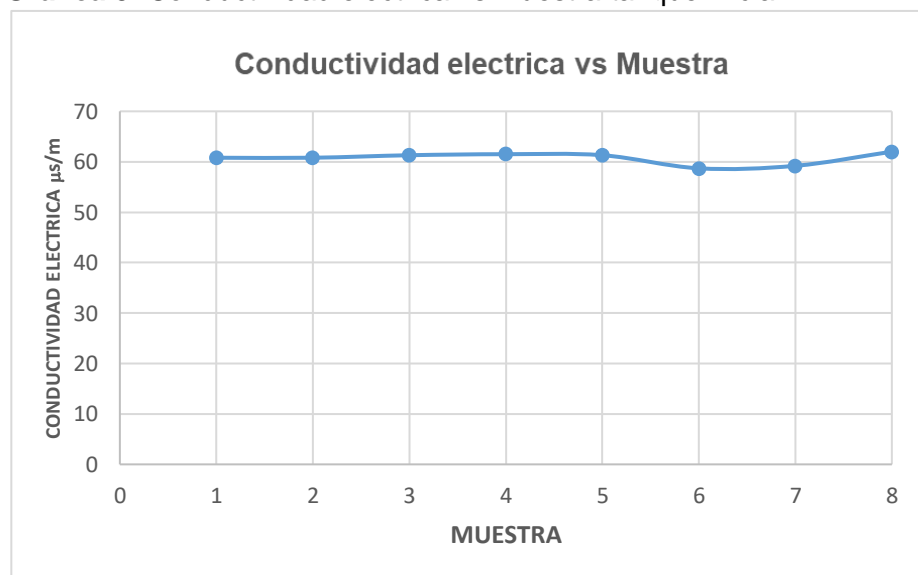
Gráfica 4. Temperatura vs muestra tanque final



Fuente: elaboración propia

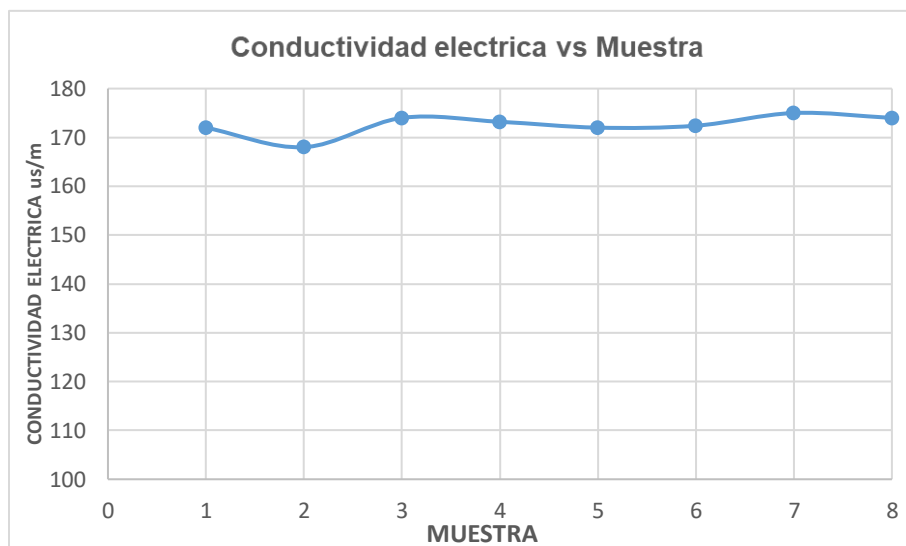
Teniendo en cuenta la conductividad eléctrica tomada IN-SITU, se observa en la gráfica 5, que el valor mínimo es 0.0177 $\mu\text{S}/\text{m}$ y un valor máximo de 0.0186 $\mu\text{S}/\text{m}$.

Gráfica 5. Conductividad eléctrica vs muestra tanque inicial



Fuente: elaboración propia

Gráfica 6. Conductividad eléctrica vs muestra tanque final



Fuente: elaboración propia

2.4.2 DBO y sólidos suspendidos totales. Las muestras tomadas el día 6 y 14 de febrero de 2019, se llevaron al laboratorio químico DAPHNIA LDTA en la ciudad de Bogotá al día siguiente se realizaron dos análisis DBO y sólidos sedimentables totales, en los cuáles se utilizó incubación por 5 días y evaporación a 110°C respectivamente. En la tabla 4 se presenta el análisis que se hizo, el resultado que se obtuvo teniendo en cuenta la muestra que se está evaluando ya que esta la del taque inicial como la del final, continuando con los datos propinados por la ISO 3696:1987, en la que establece los límites máximos permitidos.

Tabla 4. Resultados de análisis del agua.

parámetro	Resultado tanque inicial	Resultado tanque final	ISO 3696:1987
DBO(mgO ₂ /L)	708	37	0.4
Sólidos suspendidos totales(mg/L)	133	6	2

Fuente: elaboración propia

2.5 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS CRÍTICOS SEGÚN NORMATIVIDAD

Tabla 5. Comparación de parámetros medidos contra los límites permitidos en la norma

parámetro	Resultado tanque inicial	Resultado tanque final	cumple	ISO 3696:1987
pH	6,45375	4,508	No cumple	5.0-7.5
Conductividad eléctrica(μ s/cm)	60,7	172.57	No cumple	5
DBO_5 (mg O_2 /L)	708	37	No cumple	0.4
Sólidos suspendidos totales(mg/L)	133	6	No cumple	2

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a los análisis realizados IN-SITU y en laboratorios externos se comprueba que los parámetros evaluados se encuentran por fuera del valor optado por la norma ISO 3696, pero el parámetro en que se enfocara este proyecto ya que está muy por encima del propuesto por la norma es la conductividad eléctrica. Teniendo en cuenta que el parámetro que más sobrepasa los límites máximos de la norma ISO es la conductividad eléctrica y teniendo en cuenta que el aumento de esta se relaciona con la existencia de sales, metales e iones (positivos/negativos), siendo así se decidió hacer un análisis de metales e iones a la muestra, para comprobar si algún metal o ion excede un máximo permitido y esto en consecuencia afecta la conductividad eléctrica.

2.6 ANÁLISIS DE METALES PESADOS

Tabla 6. Límites máximo para metales comparado con los valores obtenidos

Metal	Límite máximo(mg/l)	Valor (mg/l)	cumple
Aluminio (Al)	5	9,89	No
Cadmio (Cd)	0,01	<0,02	Si
Cinc (Zn)	3,0	0,965	Si
Cobalto (Co)	0,05	<0,02	Si
Cobre (Cu)	1,0	<0,02	Si
Cromo (Cr)	0,1	<0,02	Si
Hierro (Fe)	5,0	0,517	Si
Litio (Li)	2,5	<0,100	Si
Manganeso (Mn)	0,2	<0,02	Si
Molibdeno (Mo)	0,07	<0,02	Si

Tabla 6 (Continuación)

Metal	Límite máximo(mg/l)	Valor (mg/l)	cumple
Níquel (Ni)	0,2	<0,02	Si
Iones	Límite máximo(mg/l)	Valor (mg/l)	cumple
Sulfatos	500	4,36	Si
Cloruros	300	2,72	Si

Fuente: elaboración propia con base en: resolución 1207 de agosto de 2014

Los datos de la tabla 6 se obtuvieron de la resolución 1207 de agosto del 2014 que trata sobre el reusó de agua residual en el ámbito industrial. Estos análisis fueron llevados a cabo en la Pontificia Universidad Javeriana ya que cuentan con los equipos necesarios para hacerlos.

Asumiendo que los metales pesados están bajo el límite establecido por la anterior resolución, se comprueba que esta no es la razón por la que la conductividad tiene estos valores. Según como especifica la resolución 2115 de 2007 el límite máximo aceptable para la conductividad eléctrica en el agua potable es de 1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ si sobrepasa estos límites, se deben controlar los sólidos disueltos²⁷ y controlar este parámetro.

2.7 EVALUACIÓN DE EQUIPO ACTUAL DE LA EMPRESA

En la caracterización también se evaluaron parámetros como aceites y grasas, aluminio y sólidos sedimentables con el fin de evaluar los equipos con los que cuenta la empresa actualmente, en primer lugar encontramos las trampas de grasas y se termina con filtros.

2.7.1 Trampa de grasa. Se iniciara el proceso con las trampas de grasas (pre tratamiento del agua residual que se obtuvo de la calibración), ya que el agua residual inicial contiene gran cantidad de este contaminante.

La empresa cuenta con este equipo por esta razón se realizó el análisis de aceites y grasas al inicio y al final de este proceso para saber si se cumple con el porcentaje de remoción de grasa. COLEMAQUES fabricante de este equipo afirma que el % de remoción de aceites y grasas debe estar por encima del 80% verificando que el proceso tiene un funcionamiento adecuado y efectivo, el tiempo de retención adecuado de este tipo de equipo es de 0.5 horas.

²⁷ COLOMBIA.MINISTERIO DE PROTECCION SOCIAL, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Resolución 2115. 22 de junio del 2007.

Tabla 7. Resultado análisis de aceites y grasas.

Análisis	Resultado muestra inicial	Resultado después de trampa de grasa	% remoción de aceites y grasas	% remoción de aceites y grasas teórico
Aceites y grasas	19,2	3.0	80%-90%	84%

Fuente: elaboración propia

Sabiendo que el porcentaje de remoción está por encima del establecido por COLEMPAQUES, se confirma que el proceso que lleva a cabo estas dos trampas de grasas, es efectivo. Este proceso seguirá paso a paso el uso adecuado de este equipo teniendo en cuenta el tiempo de retención.

Este proceso será controlado por el operario quien se hará cargo de bombear el agua de las trampas de grasas al siguiente proceso después del tiempo exacto esto con el fin de controlar el volumen de agua dentro de las trampas.

2.7.2 Filtros de polipropileno: Al realizar la determinación de la turbiedad del agua antes del paso por las columnas de filtración se evidencian valores altos debidos a los sedimentos o partículas del proceso anterior (coagulación). Siendo así se realizó la evaluación de ambos filtros midiendo el anterior parámetro descrito y tales otros como sólidos suspendidos totales, DBO y porcentaje de aluminio. El sistema de filtración usado por la empresa es:

- Filtro estándar: Cuenta con 2 filtros consecutivos con sus cartuchos respectivamente de 5 μm , en donde el fluido atraviesa el cartucho dejando reteniendo todos los contaminantes. Los cartuchos son de polipropileno los cuáles proporcionan resistencia química y no es propenso al ataque bacteriano. Este tipo de filtración es la que más se aconseja ya que cuenta con alta calidad y seguridad.

Tabla 8. Resultados de análisis agua después de filtración

Parámetro	Valor agua cruda	Valor agua tratada
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	133	6
Aluminio (mgAl/L)	9,89	0,793
Conductividad eléctrica ($\mu\text{m/cm}$)	60,8	57,8

Fuente: elaboración propia

Se observa que el valor el proceso de filtración funciona al retener los sólidos suspendidos que están presente en el agua inicial; con respecto a la conductividad eléctrica se observa que este filtro no disminuye en gran valor este parámetro debido a que este tipo de filtros se utiliza para eliminar sólidos .

3. SELECCIÓN DE TRATAMIENTO DE AGUA

Para la selección de tratamiento se tendrá en cuenta el funcionamiento actual de los equipos con los que cuenta la empresa y el tratamiento de agua convencional para lograr agua desionizada (grado 3). En los tratamientos convencionales según el INVIMA se permiten los siguientes tratamientos fisicoquímicos tales como decantación, adsorción, coagulación y floculación, sedimentación, filtración, micro filtración desinfección (cloración y ozonización) y estabilización.

Teniendo en cuenta los parámetros que exige la norma ISO 3696 en la cual plantea los límites permitidos de sustancias presentes en el agua grado 3 se observan 4 parámetros DBO, pH, sólidos suspendidos totales y conductividad eléctrica. Sabiendo que la mayor parte de contaminantes en la muestra son aceites, grasas y sólidos suspendidos, se centró en eliminar estos compuestos debido a que el agua se quiere reutilizar en la calibración de serafines. La nueva alternativa se basará en disminuir los parámetros que se encuentran en la norma ISO, siendo así se eliminarán sólidos, se hará corrección de pH y conductividad eléctrica, y disminuirá el DBO. Se realizó una revisión bibliográfica con el fin de encontrar procesos que cumplan con lo descrito anteriormente teniendo en cuenta los equipos con los que ya se cuenta. Teniendo en cuenta los procesos convencionales en Colombia para los tratamientos de agua, se llevará a cabo la propuesta de mejora.

3.1 ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTOS

Debido a que el agua que se va a tratar se le dará un reutilizó industrial en un proceso de la empresa y para este proceso se debe tener en cuenta la NORMA ISO 3696 la cuál como se ha especifico en el cuadro 2, presenta unos límites máximos para cada parámetro. De acuerdo al análisis realizado la mayor cantidad de contaminantes son sólidos, aceites y grasas y un metal pesado aluminio, el otro parámetro que se debe tener en cuenta es la conductividad eléctrica debido a que sobreesa los niveles permitidos por esta razón se plantean las posibles alternativas teniendo en cuenta una amplia fundamentación teórica.

Para eliminar aceites y grasas se utiliza un pretratamiento, siendo así es necesario del equipo trampa de grasa, para eliminar sólidos y partículas de aluminio se usan tratamientos primarios y terciarios si las partículas de menor tamaño y se finaliza con el control de la conductividad eléctrica con tratamientos terciarios o avanzados. Según FORIGUA *et al*²⁸ para hacerlo más claro se muestran las operaciones unitarias necesarias para tener un control sobre estas partículas indeseadas, esto se observa en el siguiente cuadro 5, en el cual también se tuvo en cuenta los contaminantes faltantes.

²⁸ FORIGUA. Margarita maría. Desarrollo de una propuesta de mejoramiento para el tratamiento de aguas residuales de la planta de nitrato de amonio en fertilizantes colombianos ferticol s.a. BOGOTÁ D.C. Fundación universidad de américa, 2016 no.1., p. 63.

Cuadro 5. Operaciones unitarias necesarias para eliminar partículas indeseadas

Partículas indeseadas	Operaciones unitarias
Aceites y grasas	Trampa de grasa
Sólidos suspendidos totales Metal pesado(aluminio)	Filtración Flotación coagulación Floculación Cloración Intercambio iónico Ultrafiltración Electrodialisis
Conductividad eléctrica	Intercambio iónico Ósmosis inversa Electrodesionización

Fuente: elaboración propia

3.1.1 Tratamientos para aceites y grasas. Se describe la importancia de esta etapa con el fin de reducir estos contaminantes.

- Trampa de grasa

Sistemas que mejoran sustancialmente el desempeño de una planta de tratamiento, así como del sistema de tuberías.

Cuadro 6. Ventajas y desventajas de la trampa de grasa

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Remueven las grasa del flujo • Permite eficiencia en los demás procesos • Disminuye el mantenimiento de tuberías. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento manual y a diario.

Fuente: elaboración propia, con base en: COLEMPAQUES. Manual técnico. Trampas para grasas.2018 [en línea] (consultado 8 de mayo del 2019) disponible en internet: <<https://www.colempaques.com/tratamiento-de-aguas-residuales> >

3.1.2 Tratamiento para sólidos suspendidos y metales pesados. A continuación se presentan las posibles alternativas para eliminación de estos contaminantes.

- Filtración

Operación unitaria utilizada para separar partículas sólidas contenidas en fluidos mediante el paso del fluido a través de una superficie.

Cuadro 7. Ventajas y desventajas de filtración.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de sólidos suspendidos y metales pesados • Eliminación de turbiedad • Eliminación de guardia • Variedad en estilos y tamaños 	<ul style="list-style-type: none"> • Costos dependiendo del filtro • Lavado de torta o adición de regenerante • Uso de agentes químicos

Fuente: elaboración propia, con base en: NATIONAL ENVIRONMENTAL SERVICES CENTER. West Virginia University Tecnología en breve. Estados unidos.2016.

• Flotación

Operación unitaria usada para separar o remover partículas sólidas y líquidas de una fase líquida por medio de generación de burbujas.

Cuadro 8. Ventajas y desventajas de flotación.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Se usa como sedimentación primaria. • Disminución de sólidos suspendidos • Existen 3 tipos de flotación 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere grandes cantidades de aire comprimido • Se forman zonas donde no hay burbujas de aire • Requiere grandes espacios para instalación.

Fuente: elaboración propia, con base en: ZAPATA & ZAPATA. Desarrollo de dos nuevos prototipos de celdas de flotación en la universidad autónoma de San Luis Potosí – México. Marzo 2004.

• Coagulación

Proceso de desestabilización y posterior agregación de partículas en suspensión coloidal presentes en el agua.

Cuadro 9. Ventajas y desventajas de coagulación.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Remueve especies químicas disueltas y la turbiedad del agua. • Remueve microorganismos • Variedad de coagulantes naturales y artificiales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere bomba dosificadora • Afecta significativamente el pH del agua tratada.

Fuente: elaboración propia, con base en: GUZMAN, VILLABONA, TEJADA Y GARCIA. Reduction of water turbidity using natural coagulants. 2013, vol.16, n.1, pp.253-262.

- Floculación

Proceso de aglomeración de partículas desestabilizadas en microfloculos y después en floculos más grandes que se suspenden sobre la superficie o van al fondo según la naturaleza.

Cuadro 10. Ventajas y desventajas de floculación.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Favorece el proceso de formación del floculo • Reduce la dosificación del coagulante • Bajo costos 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere bomba dosificadora • Necesita de un coagulante.

Fuente: elaboración propia, con base en: GUZMAN, VILLABONA, TEJADA Y GARCIA. Reduction of water turbidity using natural coagulants:

- Cloración

Tratamiento basado en la adición de cloro al agua para realizar un proceso de desinfección

Cuadro 11. Ventajas y desventajas de cloración.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Son fáciles de conseguir y su precio es económico • Eliminar microorganismos y olores. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere bomba dosificadora • Forma trihalometanos • Requiere un pH alto.

Fuente: elaboración propia, con base en: ALZATE, SOTAQUIRA. Propuesta para el aprovechamiento del agua residual generada en la planta de tratamiento de c.i sigra s.a. Fundación universidad de América. Programa de ingeniería química. Bogotá D.C.2018

- Intercambio iónico

Operación de separación basada en la transferencia de materia fluido-sólido, ocurre una reacción química.

Cuadro 12. Ventajas y desventajas de intercambio iónico.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Recupera la capacidad original mediante del tratamiento con una solución acida o base.• Larga duración.• Elimina iones• Costo energético bajo• Costo de mantenimiento bajo• Rendimiento del 98%	<ul style="list-style-type: none">• Requiere de agentes químicos para la limpieza• Se desperdicia agua como rechazo en regeneración• No elimina las bacterias, virus ni compuestos orgánicos.

Fuente: elaboración propia, con base en: NEVAREZ. Optimización del proceso de regeneración de resinas de intercambio iónico para ser utilizadas en el desmineralizador de agua de refinería estatal esmeraldas. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Ecuador. 26, 27, 30, 44-68

- Ultrafiltración

Proceso capaz de fraccionar y separar partículas sin que exista un cambio de fase, en la cual se da el uso de una membrana.

Cuadro 13. Ventajas y desventajas de ultrafiltración.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">• Fácil uso y corto tiempo de operación• Bajo costo de operación• Elimina sólidos y turbidez	<ul style="list-style-type: none">• Necesita de alta presión• Requiere de agentes químicos para la limpieza

Fuente: elaboración propia, con base en: AMOROS. Diálisis y ultrafiltración. Bioquímica V Et 3ra edicion.2013 [en línea] (consultado 8 de mayo del 2019) disponible en internet: <<http://ufq.unq.edu.ar/Docencia-Virtual/BQblog/Dialisis%20y%20ultrafiltracion.pdf>>

- Electrodiálisis

Proceso en el cuál se da el uso de membranas catiónica y aniónicas, su eficiencia es del 90% en la eliminación de iones.

Cuadro 14. Ventajas y desventajas de intercambio iónico.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Operación simple • Puede usar diferentes fuentes energéticas • Alta eficiencia. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere gran cantidad de energía • No se puede usar con agua con alta dureza • Alto costo de las membranas

Fuente: elaboración propia, con base en: CIFUENTES. Tecnologías de membrana. Electrodiálisis. Físicoquímica metalúrgica .semestre primavera. 13 octubre 2014

3.1.3 Tratamiento para controlar la conductividad eléctrica. Se observan las siguientes alternativas para cumplir con este fin.

- Intercambio iónico

En cuadro 12 se observan las ventajas y desventajas de este proceso.

- Ósmosis inversa

Este proceso consiste en forzar el paso de una disolución a través de los poros de una membrana semipermeable desde una solución más concentrada a una solución menos concentrada, que al aplicarle una presión permite el paso del agua pero no del soluto. Las membranas usualmente son de materiales semipermeables soloidon, celofán, vidrio poroso, precipitado inorgánico o membranas orgánicas formadas de polímeros o de un copolímero²⁹.

Cuadro 15. Ventajas y desventajas de ósmosis inversa.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Elimina óxidos y residuos microscópicos • Remueve bacterias. • No necesita de gran cantidad de agua • Se puede obtener agua potable. 	<ul style="list-style-type: none"> • El proceso es lento • Altos costes en la membranas • Proceso de instalación complejo • No es un proceso de uso doméstico. • Necesita pretratamiento el agua. • Costos de operación altos. • Costo energético medio • Costo de mantenimiento medio

Fuente: elaboración propia, con base en: VAZQUEZ, Mauro solis. Tecnología de materiales. Tratamiento de agua por sistemas de ósmosis inversa. Pág. 9.Universidad nacional autónoma de México .2017.

²⁹ GARCIA, Felipe Alejandro. Combinación de electrodiálisis, intercambió iónico y ósmosis inversa para la desnitrificacion de aguas potencialmente potables. Trabajo de grado. Santiago de queretaro-Mexico. 2 de abril del 2009

- Electrodesionización

Proceso continuo de producción de agua ultra pura, En este proceso intervienen una pequeña cantidad de resinas de intercambio iónico, membranas semipermeables aniónicas y catiónicas alternadas y una corriente eléctrica continua entre dos electrodos (cátodo y ánodo).

Cuadro 16. Ventajas y desventajas de la electrodesionización.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • No requiere productos químicos para su regeneración • Requieren pequeños espacios para instalación • Producen continuamente calidad y cantidad de agua ultra pura. • Controla la población bacteriana 	<ul style="list-style-type: none"> • Costos de operación principalmente en el suministro de energía eléctrica

Fuente: elaboración propia, con base en: SANZ, GUERRERO Y ROCA. Producción de agua de alta pureza: electrodesionización en continuo (CEDI). VEOLIA Water Systems Ibérica. División agua de alta pureza. Febrero 2006.

3.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO

Teniendo en cuenta los parámetros que exige la norma, y con el análisis de ventajas y desventaja de cada operación unitaria, se concluye que el proceso de ósmosis inversa requiere de un pretratamiento del agua esto quiere decir que el agua que entra esto genera altos costos.

Se presentan otros métodos como filtración y resinas de intercambio iónico que teniendo en cuenta el parámetro (conductividad eléctrica) con valores más altos, y observando el cuadro de ventajas y desventajas, podría ser la mejor alternativa para el tratamiento. La coagulación y floculación son métodos que se utilizan para precipitar y formar el floculo formado por las partículas coloidales lo cual facilita la eliminación de estos. Siendo así se escogen las mejores alternativas para el tratamiento que se resumen a continuación:

3.2.1 Precipitación química y sedimentación con químicos. Para realizar estos procesos se utilizan las operaciones unitarias coagulación y la floculación respectivamente. Estos métodos cuentan con alta efectividad al momento de aglomerar las partículas indeseadas por procesos anteriormente explicados, esto reduce los contaminantes.

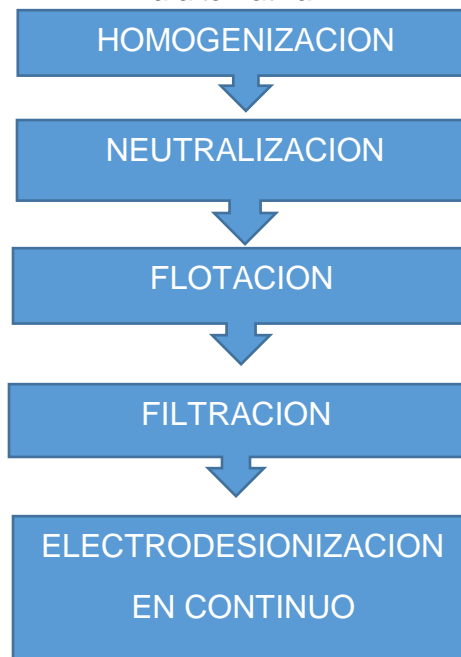
3.2.2 Reducción de sólidos suspendidos y DBO. Para estos procesos la filtración es la operación indicada teniendo en cuenta su efectividad al momento de reducir estos parámetros, se deben tener en cuenta diferentes tipos de filtros; filtros de arena, filtros directos, membranas de filtración y filtros de cartucho.

3.2.3 Control de conductividad eléctrica. Siendo el parámetro más alejado del límite máximo que contempla la norma, se debe establecer un tratamiento que logre retener la mayor cantidad de sulfatos, cloruros y demás sales que en este caso es lo que aumenta la conductividad, por esta razón se tiene en cuenta las resinas de intercambio iónico.

3.3 PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

3.3.1 Alternativa 1. Se inicia con la homogenización para controlar el caudal seguido de un proceso de corrección de pH, lo cuál es el pretratamiento para el siguiente proceso que es la flotación, la flotación permite la disminución de DBO y DQO, como también sólidos suspendidos, esta alternativa termina con un proceso de filtración el cuál remueve las partículas que no se eliminaron en el proceso anterior, seguido de un proceso de electrodesionización en continuo(CEDI) que remueve hasta un 90% de los contaminantes³⁰.

Figura 5.Diagrama de bloques de la alternativa 1.



Fuente: elaboración propia

³⁰ SANZ, GUERRERO Y ROCA. Producción de agua de alta pureza: electrodesionización en continuo (CEDI). VEOLIA Water Systems Ibérica. División agua de alta pureza. Febrero 2006. p.133.

La electrodesionización es un tratamiento en el cuál se combinan dos métodos de purificación del agua, la electrodiálisis y el intercambio iónico con resinas, es usado para aguas residuales industriales, este equipo está compuesto por una combinación de membranas de intercambio iónico, resinas y un campo eléctrico de corriente continua entre dos electrodos (cátodo y ánodo).

Para producir agua de alta pureza, requiere procesos anteriores a CEDI es decir un pretratamiento previo³¹.

CEDI es un proceso continuo de agua de alta pureza, cuenta con una pequeña cantidad de resinas. El agua que alimenta este equipo pasa por las membranas y resinas, con un sistema de campo de corriente continua que arrastra los cationes de la muestra hacia el cátodo y los aniones hacia el ánodo. Esta alternativa no se puede usar en aguas de dureza superior a 1ppm ya que se crearía una costra en la cámara del concentrado generando obstrucción lo que afectaría la operación de este proceso³².

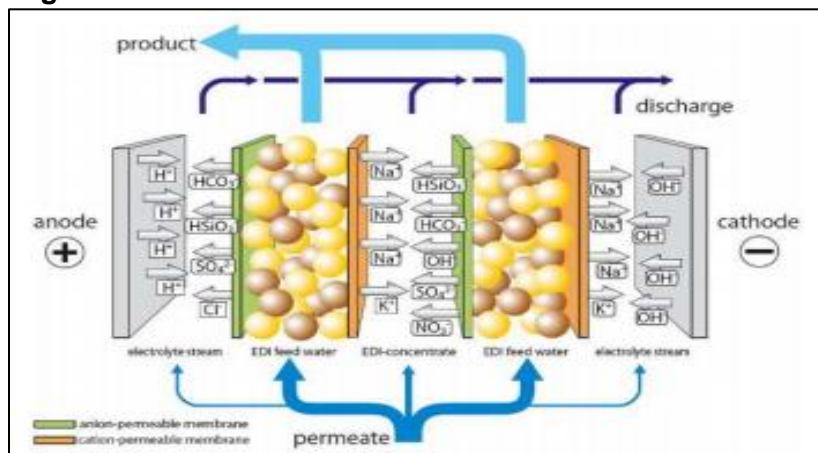
En equipos iniciales las celdas de diluido o producto contenían las resinas catiónicas y aniónicas mezcladas con los lechos mixtos. El proceso CEDI no requiere productos químicos para su regeneración y al no necesitar regenerante el equipo no se detiene, este proceso es amigable con el medio ambiente. Este proceso es ampliamente utilizado en la industria farmacéutica, microelectrónica y producción de energía³³. Esta alternativa reduce costos de operación y genera una mayor estabilidad de la calidad de agua potable. El agua de alimentación al CEDI tiene unas características especiales entre esto encontramos parámetros como dureza, sílice, cloro libre residual entre otros.

³¹ *Ibíd.*, p 134.

³² LENNTECH. Electrodesionización, utilidad, ventaja y aplicaciones [En línea] [consultado 03 de agosto del 2019]

³³ RUIZ. Fernando. Desalación de agua de mar en planta termosolar de cilindro parabólico de 50 MW.2011

Figura 6. Diseño de electrodesionización en continuo.



Fuente: VEOLIA WATER TECHNOLOGIES. Diseño básico de la electrodesionización en continuo. [En línea] [Consultado 03 de agosto del 2019]

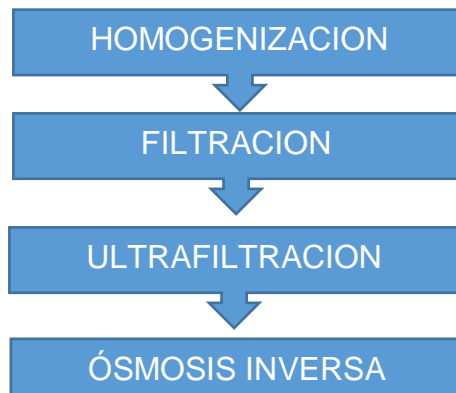
La CEDI tiene una capacidad para trabajar en continuo y el ahorro que representa la eliminación de productos químicos de regeneración ya que las membranas se regeneran continuamente³⁴. Son especialmente buenas cuando se usan en flujos con cargas bajas de sólidos totalmente disueltos (TDS por sus siglas en inglés), como la ósmosis inversa posterior. Las impurezas tienen una grave consecuencia en el proceso ya que disminuye la eficiencia porque estas afectan directamente la reducción redox³⁵.

3.3.2 Alternativa 2. Presenta diferentes operaciones tales como homogenización en el cuál se controla el flujo de agua inicial, seguido se hace una filtración como pretratamiento al proceso de ósmosis inversa(OI), pero no es necesario solamente un proceso de filtración, el agua que alimenta el sistema de OI debe cumplir unas condiciones exigentes por esta razón se añade el proceso de ultrafiltración o micro filtración por membranas de aproximadamente $\pm 0,2$ micrones, los cuáles se encargan de remover partículas mínimas que hayan pasado logrado pasar por las etapas anteriores, este proceso también remueve dureza, color, contaminantes inorgánicas y orgánicas, como también sólidos suspendidos y material particulado, la alternativa finaliza con OI, asumiendo que este proceso es uno de los más efectivo con respecto a remoción de diferentes contaminantes.

³⁴ SANZ, J., GUERRERO, L., ROCA, M. Artículo Veolia Water Solutions & Technologies. Revista Farmaindustrial. Omnimedia S.L. Madrid, noviembre/diciembre de 2006 p. 28-31.

³⁵ ³⁵ ELECTRODESIONIZACIÓN. Condorchem envitech.smart ideas for wastewater & air treatment. [En línea] [Consultado 03 de agosto del 2019] disponible en : <<https://condorchem.com/es/electrodesionizacion/>>

Figura 7.Diagrama de bloques de la alternativa 2.



Fuente: elaboración propia

La ósmosis inversa es un proceso por el cual se eliminan sales y bacterias del agua; elimina un 99.9% de las sales sin importar la salinidad del agua, es 100% efectiva para eliminar tanto virus como bacteria³⁶; por esta razón se usa en el proceso de potabilización de este recurso. Las membranas de este equipo cuenta con menor porosidad y la densidad del poro es más grande lo que facilita atrapar microsolutos. Este equipo requiere presiones altas dependiendo directamente de la salinidad del agua.

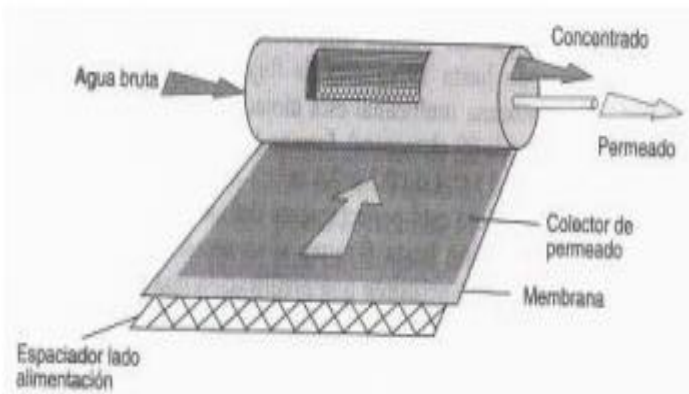
Este proceso es frecuentemente usado en tratamientos de agua que requieren una pureza alta.

En la OI se utilizan membranas semipermeables, con presión, al utilizar este tipo de membranas se produce una acumulación lo que genera la presión osmótica y precipitación; la presión necesaria va de 6 a 80 Bar. La unidad de operación en las que se enrollan las membranas se denominan modulo, existen diferentes tipos entre estos placa, espiral, bastidor, tubular y fibra hueca³⁷. Los de uso constante son los de espiral.

³⁶ W.J. WEBER. Control de Calidad del Agua. Procesos Físicoquímicos. Reverté. Barcelona, 1979.

³⁷ APTEL, P., BUCKLEY, C. Tipos de Operaciones de Membranas. Tratamiento del agua por procesos de membrana. Principios, procesos y aplicaciones. American Water Works Association Research Fundation. McGrawHill. Madrid, 1998, p. 13-39.

Figura 8. Modulo en espiral.



Fuente: APTEL, P., BUCKLEY, C. Tipos de Operaciones de Membranas. Tratamiento del agua por procesos de membrana. Principios, procesos y aplicaciones. American Water Works Association Research Fundation. McGrawHill. Madrid, 1998, p. 13.

La membrana cuenta con 3 soluciones principales³⁸:

- Alimentación: Agua cruda que alimenta la membrana previamente presurizada por una bomba de alta presión.
- Permeado: Solución que se obtiene al pasar el agua por la membrana, el agua final después de la ósmosis inversa. Esta agua se denomina agua dulce, agua con un TDS de 300 a 500 ppm.
- Rechazo: Es la solución que queda atrapada en la membrana de OI, la solución más concentrada en sales. También es denominado salmuera.

Existen diferentes factores que afectan las membranas del equipo de ósmosis inversa en el agua que alimenta entre estos:

- Presión: Para un sistema dotado de membranas la presión para el agua de alimentación depende de la concentración de sólidos disueltos en el agua y de la temperatura. En conclusión a niveles bajos de TDS y aguas calientes la presión necesaria es baja³⁹.
- pH: Se debe tener en cuenta para la selección de la membrana.

³⁸ LOPEZ, María. Diseño de una planta de tratamiento de agua potable por ósmosis inversa para un buque de pasaje. Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero Marítimo. Universidad Cantabria, 2015 24p

³⁹ DISEÑOS Y SOLUCIONES SOSTENIBLES DSS.S.A-Ósmosis inversa. Ingeniería para un desarrollo sostenible. 2012

- Índice de saturación Langelier: este índice hace referencia a la formación de una incrustación sobre la membrana, se calcula teniendo la temperatura, el total de los sólidos inorgánicos la dureza alcalina y el pH, si este da positivo se recomienda usar un suavizador antes de pasar el agua por las membranas de OI⁴⁰.
- Cloro libre y bacterias: El cloro libre arruina membranas ya que aumenta la cantidad de bacterias, usualmente se hace un proceso de filtración por carbón activado para evitar este contaminante y no dañar las membranas.
- Temperatura: influye en la cantidad de agua producida en este proceso por cada grado bajo 25 ° C el agua se reduce en un 3%⁴¹.
- Índice de densidad silt: Mide los submicrones que bloquean las membranas. En esta se debe tener en cuenta la corriente y el volumen total de esta.
- Turbidez: Se mide por medio de un turbidímetro, sirve para detectar partículas suspendidas en la muestra.

La membrana pierde su eficiencia a medida que pasa el tiempo y como se explicó anteriormente debido a las características del agua, por esto se debe cambiar todos los elementos ente 5 a 7 años. Para saber si se deben cambiar algunos elementos se deben evaluar cationes, aniones, color, conductividad, aceites y grasas, alcalinidad, carbón orgánico, sílice, fuerza iónica y balance iónico. Este sistema consume aproximadamente de 2,2 a 2,7 kWh/m³ de agua, el costo de producción es de USD 0.50/m³. Los costos se han disminuido considerablemente los últimos años por las nuevas tecnologías de pretratamiento y el tiempo de vida útil de estas membranas⁴².

El agua que alimenta la membrana de ósmosis inversa necesita de un pretratamiento este varía dependiendo de la salinidad con que venga el agua cruda, algunos de estos son la cloración, filtración, ultrafiltración entre otras. Como se describe anteriormente las membranas se clasifican de diferentes formas:

⁴⁰ DISEÑOS Y SOLUCIONES SOSTENIBLES DSS.S.A, Op. Cit., p.2.

⁴¹ *Ibíd.*, p .2.

⁴² *Ibíd.*, p .19.

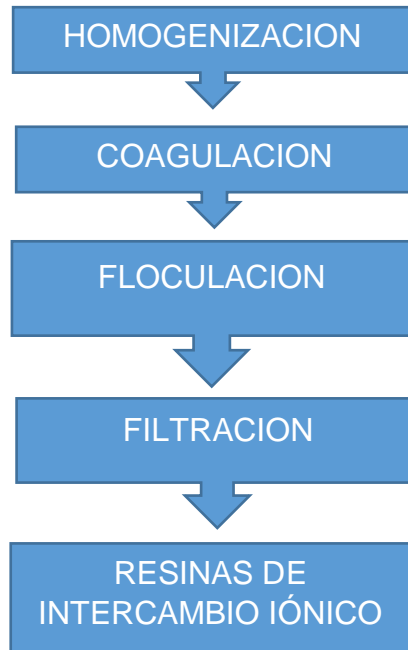
Tabla 9. Clasificación de membranas de ósmosis inversa

Parámetros	Tipos
Estructura	Simétricas Asimétricas
Naturaleza	Integrables Compuestos de capa fina
Forma	Planas Tubulares Fibra hueca
Composición química	Orgánicas Inorgánicas
Carga superficial	Neutras Catiónicas aniónicas
Morfología de la superficie	Lisas Rugosas
Presión de trabajo	Muy baja Baja Media Alta
Técnico de fabricación	De maquina Inversión de fase Policondensacion entre fases Polimerización plasma Dinámicas

Fuente: elaboración propia con base en: LOPEZ, María. Diseño de una planta de tratamiento de agua potable por ósmosis inversa para un buque de pasaje. Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero Marítimo. Universidad Cantabria, 2015.p.31.

3.3.3 Alternativa 3. Esta alternativa muestra procesos diferentes a los anteriores descritos, se da inicio con una etapa de homogenización en el cuál se hace el respectivo control de flujo, seguido se integraría la trampa de grasa (equipo que ya posee la empresa), continuando con un tratamiento físico-químico que es la coagulación y floculación, esto con el fin de aglomerar los coloides para poder eliminar de manera más fácil estos contaminantes, además se realiza una filtración primaria para remover partículas de gran tamaño que no se hayan removido en los procesos anteriores y se finaliza con una filtración secundaria dotada de resinas de intercambio iónico esta se encarga de controlar parámetros como la conductividad eléctrica , bacterias y entre otros contaminantes.

Figura 9.Diagrama de bloques de la alternativa 3.



Fuente: elaboración propia

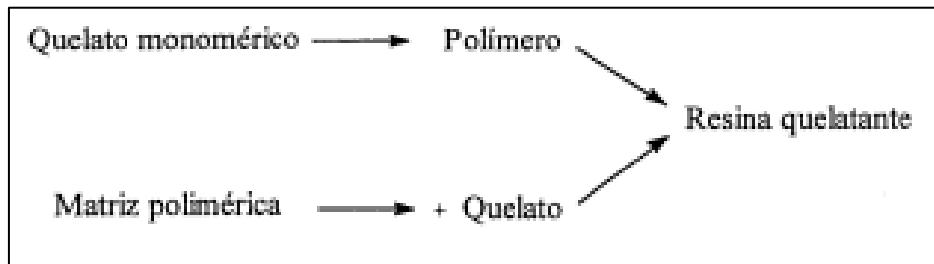
Las resinas de intercambio iónico están formadas por polímeros de elevado peso molecular insolubles que contienen iones (positivos o negativos). Se intercambian iones tales como H^+ y OH^- dependiendo de la muestra que trate. Siendo así las resinas se pueden dividir en tres grandes grupos según su grupo funcional; las resinas de intercambio catiónica, resinas de intercambio Aniónica o resinas de intercambio mixtas.

- Resina catiónica: existen dos clases fuerte y débil, las catiónicas fuertes presentan selectividad con los cationes trivalentes, intermedia para los bivalentes e inferior para los monovalentes⁴³. Usualmente encontramos resinas orgánicas o como inorgánicas, las inorgánicas están hechas de zeolitas pueden ser natural o sintética, para el caso de las orgánicas encontramos material como carbón sulfonado y sintético basada en compuestos fenólicos o estireno. Las resinas de ácido débil se caracterizan por tener un grupo carboxilo como grupo funcional, retienen bicarbonatos y entre otros cationes en equilibrio con ácidos débiles pero no los que se encuentren en equilibrio con aniones de ácido fuertes. Ambas resinas necesitan de un proceso de regeneración en el cuál se utiliza cloruro de sodio al 10%.

⁴³ RESINAS INTERCAMBIADORAS DE IONES. Universidad de Cundinamarca. Colombia. 2016. [en línea] [Consultado: 10 agosto de 2019] disponible en internet I: < <http://www2.udec.cl/~analitic/Intercambios.pdf> >

- Resinas aniónicas: para estas resinas encontramos dos tipos de base fuerte o de base débil, las de base fuerte eliminar cualquier clase de aniones de ácidos débiles o fuertes, tiene un rango de pH amplio, esta tipo se subdivide en dos clases tipo 1 y tipo 2, las tipo 1 son bases fuertes de menor capacidad de intercambio con baja eficiencia de regeneración, también eliminan mejor la sílice y dan más calidad de agua mientras que las de tipo 2 contienen residuos lo que aumenta la eficiencia en la regeneración de la resina. Para el caso de la resina aniónica base débil está conformada por grupos aminos, no pueden retener aniones de ácidos débiles como sílices o bicarbonatos. Elimina aniones de ácidos fuertes pero no los aniones de los ácidos débiles.
- Resinas mixtas: su estructura funcional posee un catión y un anión, usualmente se utilizan resinas catiónicas de ácido fuerte con una resina aniónica de base fuerte tipo 1, tiene un aspecto de perlas esféricas color ámbar, tiene un rango pH amplio, provee agua de pureza ultra alta. Se utiliza usualmente en procesos para eliminar todos los aniones y cationes en el tratamiento de agua. La mezcla de estos compuestos se hace a un equivalente químico 1:1. Son más efectivas en comparación con las otras resinas.
- Resinas quelantes: en este tipo de resinas tienen las propiedades de un reactivo específico, se obtienen al incorporar un soporte polimérico, un grupo funcional que forma el quelato más iones metálicos.

Figura 10. Síntesis resinas quelantes.



Fuente: DIEZ, Sergi. Estudio, desarrollo y caracterización de resinas quelantes de iones metálicos. Universidad autónoma de Barcelona. Departamento de química.1994. Pág. 20.

Las resinas quelantes se utilizan con diferentes átomos que se encargan de dar electrones, entre estos encontramos nitrógeno, oxígeno, mezcla de nitrógeno y oxígeno, azufre y con fósforo. Este tipo de resina presenta estabilidad química, importante propiedad ya que resiste grandes cambios térmicos y osmóticos, presenta buena reversibilidad y cinética; tiene alta capacidad para metales, alta selectividad y resistencia mecánica.⁴⁴

⁴⁴ DIEZ, Sergi. Estudio, desarrollo y caracterización de resinas quelantes de iones metálicos. Universidad autónoma de Barcelona. Departamento de química.1994. Pág. 21-22.

Todas las resinas tienen su proceso de regeneración, este proceso se realiza con soluciones que portan iones móviles el cuál desaloja los iones captados durante el agotamiento. Existen dos procesos de regeneración en co-corriente y en contracorriente. Para este proceso se necesita de químicos tales como cloruro de sodio, hidróxido de sodio o amonio o ácidos fuertes como lo son el ácido clorhídrico o ácido sulfúrico.

Las resinas de intercambio iónico también se caracterizan según su estructura de red:

- **Microporosas o tipo gel:** se originan a partir de la polimerización divinilbenceno y el estireno; son matrices poliméricas que no contienen poros. Presentan tamaño de poro relativamente pequeño, es importante resaltar el fenómeno del swelling en este tipo de resinas que es el hinchamiento de la resina en función del porcentaje de agente entrecruzante.⁴⁵ Es un polímero con una red homogénea de naturaleza elástica y que contiene al disolvente del proceso de síntesis. Tienen una porosidad apreciable hasta que son hinchados en un medio adecuado; se caracterizan por tener una permeabilidad específica.⁴⁶
- **Macroporosas o macroreticulares:** las perlas tienen una relación área/volumen mayor que las resinas anteriores. Esta estructura favorece la difusión de iones, mejorando la cinética del intercambio⁴⁷. La matriz de esta resina se forma durante la polimerización. Estas estructuras con superficies grandes son más resistentes a la variación de presión osmótica. Son uniformes en su parte externa, se necesita una gran cantidad de entrecruzante para obtener una porosidad alta; consisten en aglomeraciones de forma casi esféricas con cavidades interconectados entre ellas⁴⁸.
- **Isoporosas:** posee un tamaño de poro uniforme con lo que aumenta la permeabilidad de iones en el interior de red, son resinas de alta capacidad, regeneración eficiente y un costo más bajo que las resinas macroreticulares⁴⁹. Resinas en el cuál el entrecruzamiento y la estructura están modificados para la obtención de polímeros con un tamaño de poro igual. Las resinas isoporosas pueden absorber iones de alto peso molecular⁵⁰.

⁴⁵ GONZALES DE PRADO, Alberto. Diseño de una unidad de proceso para el tratamiento superficial (cromado y niquelado) de piezas de acero para automoción. Universidad de Cádiz. Facultad de ingeniería química. Ciencias. Junio 2012. Pág. 41-42

⁴⁶ DIEZ, Sergi. Estudio, desarrollo y caracterización de resinas quelantes de iones metálicos. Universidad autónoma de Barcelona. Departamento de química. 1994. Pág. 16.

⁴⁷ GONZALES DE PRADO, Op.cit., p.41.

⁴⁸ DIEZ, Op.cit, p.17

⁴⁹ CIDI.Grupo de Investigadores Ambientales. Reusó de Aguas Industriales. Intercambio iónico. Junio 1999. p 20-27.

⁵⁰ DIEZ, Op.cit, p.18.

3.5.7.1 Propiedades de las resinas.

- **Tamaño de partícula:** Esta propiedad resulta de la relación entre la velocidad de intercambio y la tasa de fijo. Usualmente varía entre 0,3 y 1,2 mm pero se consigue dependiendo de la necesidad.
- **Solubilidad:** Todas las resinas son poliácidas o polibases de alto peso molecular lo que afirma que son insolubles en un rango de temperatura, si se varia la temperatura la resina se vuelve soluble.
- **Forma:** Su forma iónica, los gránulos pueden ser heterogéneos, homogéneos, dimensión uniforme en su parte externa. El coeficiente de uniformidad varía de 1,05 a 1,7.
- **Densidad:** esta propiedad es importante para la separación de lechos mezclados para el funcionamiento de los lechos estratificados, flotantes y también se debe tener en cuenta el contra lavado. Varía de acuerdo a la composición iónica de la resina. A continuación un aproximado de densidades en diferentes tipos de resinas:

Cuadro 17. Densidad de las resinas

Tipo de resina	Densidad (g/L)
Catiónico débil	1,16-1,19
Catiónico fuerte	1,18-1,22
Aniónica débil	1,02-1,05
Aniónica fuerte	1,06-1,09

Fuente: Elaboración propia con base en: DARDEL, Frederick. Intercambio iónico. Alemania. 2019

- **Caída de presión:** Se contaminan rápidamente por compuestos tanto orgánicos como inorgánicos, lo que puede generar una caída de presión a través de toda la capa de resina; también se da por la forma y tamaño de la resina.
- **Resistencia a la fractura:** Sabiendo que en el proceso de intercambio iónico se hincha y se contrae la resina, en las etapas de agotamiento y regeneración puede ocasionar que los gránulos se rompan. Por esta razón se diseña el intercambiador con el fin de evitar una tensión o abrasión mecánica de la resina⁵¹.

⁵¹ NEVÁREZ, Martha. Optimización del proceso de regeneración de resinas de intercambio iónico para ser utilizadas en el desmineralizador de agua de refinería estatal de esmeraldas. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo de Riobamba, Ecuador. 2009. p.68.

- Estabilidad de las resinas: Las resinas sufren estrés, es decir el deterioro de estas por varios factores, existen diferentes casos:
 - Estrés mecánico: Esto pasa en el transporte de la resina de una columna a otra, también en el caso de pérdida de carga.
 - Estrés osmótico: Se da por las variaciones de volumen de las bolas de la resina.
 - Estrés térmico: Se da por cambios bruscos de temperatura, es decir temperaturas muy bajas o temperaturas muy altas.
 - Contaminación por materias orgánicas o inorgánicas.
 - Disminución de la capacidad total de la resina.
- Selectividad: La selectividad depende claramente de la carga y el tamaño de los iones. Es de gran importancia la carga del ion ya que la resina prefiere contra iones de elevada valencia; esta propiedad se da en un orden de preferencia, el segundo factor que influye es la presión de hinchamiento de la resina, esto se da por la solvatación o hidratación de iones. El tercer factor es la interacción iónica dentro de la resina y el volumen de la disolución, la resina adsorbe con prioridad los iones que pueden formar precipitados o complejos con los grupos iónicos de la resina⁵².

3.4 CRITERIOS DE SELECCIÓN

Teniendo en cuenta la caracterización inicial del agua residual y los tratamientos usados en la producción de agua desionizada se plantean las siguientes alternativas y se evalúan con respecto a 5 criterios lo que permite elegir entre varias opciones, sabiendo que son de gran relevancia para la empresa:

⁵² *Ibíd.*, p.69.

Cuadro 18. Criterios de selección y ponderación.

Criterio	Descripción	Calificación	%
costos de materiales y equipos	Integra los costos que genera la implementación de la alternativa	3,2 y 1	20%
Mantenimiento	Tiene en cuenta el mantenimiento de los equipos que se necesitan para cada alternativa.	3,2 y 1	10%
área requerida	Hace referencia a que las alternativas se adapten al área con el que cuenta la empresa para el funcionamiento total	3,2 y 1	20%
Factibilidad	Disponibilidad de materiales y equipos necesarios para llevar a cabo la alternativa	3,2 y 1	25%
tiempo de implementación	Tiene en cuenta la implementación de la alternativa contemplando los materiales y equipos	3,2 y 1	10%
Personal	Es necesario más de 1 una persona para llevar a cabo la alternativa	3,2 y 1	15%

Fuente: elaboración propia.

Como se observa la calificación puede ser 3, 2 y 1 para cada criterio donde 3 es la mejor opción, 2 regular y 1 malo. Para el caso de costos de se da un aproximado de 1 a 3 millones para una puntuación de 3, 3 a 6 millones puntaje de 2 y de 6 en adelante un puntaje de 1. Para el criterio de mantenimiento, se evalúa la frecuencia para cada equipo; con el tercer criterio se evalúa el espacio necesario para llevar a cabo la propuesta es decir si necesita de área adicional se da un puntaje de 1, si se puede acoplar con el área que cuenta la empresa obtiene un 2 y si basta con el área para el tratamiento un total de 3. La factibilidad y el tiempo de implementación hace referencia al tiempo para obtener los materiales necesarios, 1-2 meses puntaje 3, de 2-6 puntaje de 2 y 6 meses en adelante se lleva el peor puntaje y finalización con el personal se tiene en cuenta si se necesitan personas adicionales para llevar a cabo la propuesta.

3.4.1 Evaluación de criterios. Se evaluaron los 7 criterios teniendo en cuenta los parámetros descritos anteriormente en el numeral 3.4 en cada alternativa, esta evaluación se da en el siguiente cuadro:

Cuadro 19. Evaluación de los criterios de selección para cada alternativa.

Criterio	1 Alternativa	2 Alternativa	3 Alternativa
costos de materiales y equipos	En los costos se involucran la compra de equipos para el proceso de homogenización, tanque de flotación con inyección de aire, filtros y el equipo de electrodesionización, también se debe tener en cuenta el consumo de energía eléctrica en esta alternativa.	En esta alternativa los costos más significativos tiene que ver con las membranas o cartuchos de los procesos de filtración y el equipo de ósmosis inversa ya que necesita un bomba que genere gran presión y el proceso sea eficaz. El agua de alimentación debe tener un proceso de pretratamiento.	Para el tratamiento fisicoquímico se necesita de un tanque floculador y utilizar resinas de intercambio iónico es lo que más genera costos. Ya que se utiliza un regenerante químico se aumentan los costos de operación y mantenimiento
mantenimiento	En el mantenimiento todos los equipos deben tener un cuadro de mantenimiento cada uno con un tiempo establecido. En este caso la limpieza de los filtros deben ser constante y con ayuda de agentes químicos para que no pierda la eficiencia. Para el tanque de neutralización se deben tomar muestras y monitorear cada cierto lapso de tiempo. La electrodesionización no necesita de químicos para su regeneración lo que facilita su limpieza.	Para esta alternativa se debe considerar que los equipos necesitan de un proceso de mantenimiento para que sea eficaz el resultado, aquí se debe tener en cuenta las membranas o cartuchos ya que se necesita de limpieza continuamente, también en el caso del equipo de ósmosis inversa, aunque las membranas duran de 5 a 7 años se debe realizar análisis periódicamente verificando su deterioro.	En el mantenimiento de los equipos de esta alternativa los equipos requieren de un monitoreo constante. Se tiene el tanque floculador en el cuál se precisa limpieza periódicamente debido al aglomerado formado en este proceso, también se debe tener en cuenta el proceso de filtración y el uso de resinas también tiene un proceso de mantenimiento donde se usa diferentes regenerantes para aumentar su eficiencia.

Cuadro 19. (Continuación)

Criterio	1 Alternativa	2 Alternativa	3 Alternativa
área requerida	Esta alternativa requiere de área para montar el equipo neutralización, de flotación y el equipo de electrodesionización que no requiere mucho espacio para su instalación.	Para esta alternativa se necesita de un área más grande para implementar el tanque de homogenización, los filtros y el equipo de ósmosis inversa.	Debido a que se requieren otros equipos adicionales se debe tener área más grande para implementar el tanque floculador y los filtros necesarios.
Factibilidad	En la primer alternativa se requiere nuevos equipos es decir adicionar más pasos al proceso de tratamiento de agua.	Para la segunda alternativa el proceso requiere de equipos especializados para llevar a cabo las operaciones unitarias entre estos el equipo de ósmosis inversa. Debido a que la limpieza de estas membranas se hacen con ácidos fuertes hace que sea difícil la obtención de estos ya que tiene venta controlada	Para esta alternativa se debe adicionar nuevos equipos, teniendo en cuenta el espacio que provee la empresa la alternativa se puede establecer. Los regenerantes no tienen restricción de venta, es decir es de venta pública.
tiempo de implementación	Debido a que se requiere de nuevos equipos el tiempo de implementación va de acuerdo a los proveedores.	Por la necesidad de un proceso de filtración más eficaz se requiere un lapso de tiempo para implementación.	La compra de un tanque floculador y filtros primarios y de resinas lleva consigo el tiempo de compra y obtención del producto.
personal	Se requiere de un operador para el proceso de neutralización y limpieza de equipos ya sea en la flotación y en la filtración. El último proceso requiere mínima supervisión.	Se necesita de un operador que verifique el caudal en el primer tanque y que se encargue de limpiar las membranas cartuchos y equipo de ósmosis inversa usados en esta alternativa.	Se requiere de un operador que se encargue de verificar la bomba dosificadora de coagulante y floculante, como también los procesos de filtración en tanto a la limpieza de estos

Fuente: elaboración propia.

3.4.2 Ponderado de la matriz de selección. Para esta parte , se tendrá en cuenta el cuadro 19, se le da una ponderación teniendo en cuenta el cuadro 18 donde se especifica que se dará una calificación de 3 siendo muy bueno, 2 regular y 1 muy malo

Tabla 10. Ponderado de matriz de selección.

CRITERIO	%	1 ALTERNATIVA	2 ALTERNATIVA	3 ALTERNATIVA
Costo de materiales y equipos	20	2	1	3
Mantenimiento	10	1	1	1
Área requerida	20	2	1	2
Factibilidad	25	1	1	2
Tiempo de implementación	10	2	1	2
Personal	15	3	3	3
TOTAL	100	1,8	1,3	2,25

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta la tabla 10 la mejor alternativa es la 3 ya que obtuvo mayor puntaje, esta alternativa resalta en costos de materiales y equipos y también en personal. Le sigue la alternativa 1, la cual obtuvo mejor puntaje que la alternativa 2, fue superada en los criterios de factibilidad y costos, lo que disminuyó su puntaje debido al proceso que lleva en sí. Con respecto al peor puntaje encontramos la alternativa 2, esta cuenta con diferentes desventajas sobre todo el costo de equipos y materiales para el funcionamiento de esta. Explicado lo anterior la mejor propuesta es la 3 para el tratamiento de agua residual extraída del proceso de calibración

3.5 DESARROLLO EXPERIMENTAL.





Para este procedimiento se describen los reactivos que se usaran en los respectivos procesos y el proceso de selección de estos con el fin de lograr mayor efectividad en el proceso, se llevara a cabo por medio del test de jarras, pruebas de filtración y ensayo de resinas. En esta parte del proyecto se realizaran procesos como la coagulación, floculación y filtración, tanto en filtros convencionales como columnas de resinas de intercambio iónico. Para cada análisis se presentara los resultados de los parámetros a tener en cuenta en cada operación.

Al dar inicio al desarrollo experimental, se hace un proceso de neutralización para lograr un pH más efectivo para los coagulantes a usar, este procedimiento se llevara

a cabo con ayuda de cal hidratada, producto utilizado como aglomerante en algunos casos, también se utiliza en pesticidas pero en este caso en la neutralización de una muestra acida, este procedimiento lograra que se obtenga un pH cercano a 8. Se analizaran diferentes coagulantes y floculantes dependiendo de las condiciones del agua y sus contaminantes; se llevara a cabo con el test de jarra en el cuál se obtendrá las dosificaciones correctas. Para este proceso se utilizaron los siguientes equipos y materias primas.

3.5.1 Reactivos y equipos. A continuación se mostraran los reactivos que se emplearon en el diseño experimental con sus características más importantes. Los reactivos usados son los que se escogieron por la matriz de selección en el proceso de coagulación, estos reactivos fueron proporcionados por la empresa Distribuidores aliados LTDA.

Cuadro 20. Reactivos usados en el desarrollo experimental

Coagulante	Características
<p>Sulfato de aluminio tipo A solido (Al₂(SO₄)₃)</p> 	<p>Es un sulfato doble sal que tiene un metal univalente o radical, es un coagulante primario y muy eficaz. Tiene muchos usos en la industria como la de papel, extintores, caucho, industria química, tratamiento de agua entre otros.</p> <p>Estado: granulado Densidad: 883-1043 kg/m³ Apariencia: amarillo/blanco No es toxico</p> 
<p>Sulfato de aluminio tipo A liquido (Al₂(SO₄)₃)</p> 	<p>Tiene diferentes usos en la industria y es de gran importancia para los tratamientos de agua. Es estable bajo condiciones usuales de almacenamiento, es el coagulante-floculante de más bajo costo.</p> <p>Estado: granulado Densidad: 883-1043 kg/m³ Apariencia: amarillo/blanco No es toxico.</p> 




Cuadro 20 (Continuación)

Coagulante	Características
<p>Policloruro de aluminio (PAC)</p> 	<p>Son usados como coagulantes – floculantes en el tratamiento de aguas industriales, municipales y residuales. También son ampliamente usados en la industria del papel como agentes de retención y para encolado en la fabricación de papel.</p> <p>Estado: líquido Densidad: 1,23±0,23 g/ml Color: ámbar Ligeramente corrosivo y no es toxico.</p> 
<p>Polímero catiónico</p> 	<p>Se utilizan especialmente en la industria de papel y control de aguas. Usado como coagulante o floculante en la clarificación de aguas primarias y agua afluentes al proceso.</p> <p>Apariencia: polvo blanco granular Densidad: 750-1050 kg/m³ Olor: sin olor Carga: catiónica</p> 
<p>Cal hidratada $Ca(OH)_2$</p> 	<p>Se utiliza para la neutralización de mezclas acidas en diferentes industrias como petrolera, petroquímica, de manufactura y también en tratamientos de aguas</p> <p>Apariencia: polvo blanco granular Densidad: 2210 kg/m³ Olor: sin olor Soluble en agua</p> 


Fuente: elaboración propia

Para el test de jarras se usaron diferentes equipos con los cuáles se hicieron los respectivos análisis necesarios para elegir el coagulante y floculante más efectivo para la muestra que se tiene.

Cuadro 21. Equipos usados en test de jarras

Equipo	Características
<p>PH Metro</p> 	<p>Marca:Haida Potencia: AC220V, 50Hz Prueba de PH rango:0,00-14.00Ph</p>
<p>Turbidímetro</p> 	<p>Marca:Hanna Memoria: 200 registros 1100</p>
<p>Conductivimetro</p> 	<p>marca oakton modelo wd-35607-32 rango de conductividad: 0 a 200 ms</p>

Cuadro 21 (Continuación)

Equipo	Características
<p>Test de jarras</p> 	<p>Marca: Equifar Modelo: JTP-6P Serial: 0711008 Voltaje: 110v (AC)</p>

Fuente: elaboración propia

Para la coagulación-floculación se seleccionó el coagulante con mayor remoción de contaminantes sin agregar el floculante, siendo así se determinó la dosificación para el coagulante y la del floculante. Teniendo en cuenta los coagulantes con los que ya contaba la empresa COLMETRIK SAS y con los proporcionados por Distribuidos los aliados se dio inicio a la segunda etapa del tratamiento de agua.

3.5.2 Toma de muestra. Inicialmente se realizó una toma de muestra de un tanque inicial en el cuál se mezcló el agua residual de un par de calibraciones, se realizó el proceso realizado por la trampa de grasa de forma manual, ya que actualmente estas trampas de grasas contienen una gran cantidad de agua residual contaminada por sulfato de aluminio en polvo de manera desmedida.

Siendo así se tomó una muestra de 5 galones el cual tenía un peso inicial de 22,5 Kg se transfirió este líquido a un recipiente donde se pudiera medir la capa de grasa formada en una etapa de reposo, esta se midió con respecto a un tiempo de reposo completando 3 horas tomando la medida cada media hora.

Tabla 11. Tiempo de reposo de muestra y altura de grasa

Tiempo (horas)	Altura capa de grasa(cm)
0	0
0,5	0
1	1
1,5	1
2	1,2
2,5	1,8
3	2
5	2

Fuente: elaboración propia

Teniendo este dato se procedió a retirar la grasa de forma manual con un colador de tela y nylon con el fin de eliminar la mayor cantidad de grasa posible. Terminado este proceso y dejando reposar por 2 horas más, se midió el volumen final del agua residual siendo de 18000 ml y con un peso de 21,2 Kg.
Contenido de grasa

Ecuación 4. Masa de la capa de grasa.

$$M_{\text{Capa de grasa}} = M_{\text{inicial}} - M_{\text{final}}$$

$$M_{\text{Capa de grasa}} = 22,5 \text{ Kg} - 21,2 \text{ Kg} = 1,3 \text{ Kg de grasa}$$

Ecuación 5. Volumen de la capa de grasa.

$$V_{\text{Capa de grasa}} = V_{\text{Inicial}} - V_{\text{final}}$$

$$V_{\text{Capa de grasa}} = 18987,1 \text{ ml} - 18000 \text{ ml} = 987,1 \text{ ml de grasa}$$

3.5.3 Metodología. Según la tesis de LOPEZ Y MENDOZA⁵³ el protocolo que se siguió empezó con la medida del pH, la turbiedad y la conductividad eléctrica a una muestra inicial de agua, se comprobó que la máquina de test de jarras estuviera en buen funcionamiento, se realizó una curva de neutralización antes del experimento para aumentar el pH de la muestra, para hacerlo más óptimo teniendo en cuenta las fichas técnicas de los reactivos, seguido a esto y habiendo encontrado la cantidad de cal exacta para obtener un pH cercano a 8 se añadió a las muestras de 500 ml de agua en los beaker y se agito por un minuto a 100 rpm para homogenizar la muestra , luego se añadieron las dosificaciones pertinentes con una agitación de 120 rpm durante un minuto, se siguió con un mezcla lenta disminuyendo la velocidad de agitación a 40 rpm por 15 minutos y por último se dejó sedimentar las muestras por 15 minutos más.

El proceso de test de jarras se describe en el Anexo B basado en la norma NTC 3903.

Tabla 12. Condiciones de gradientes y tiempos en el test de jarras

	Gradiente (rpm)	tiempos (min)
Mezcla rápida	100 y120	1
Mezcla lenta	40	15
Sedimentación	0	15

Fuente: FORIGUA. Margarita maría. Desarrollo de una propuesta de mejoramiento para el tratamiento de aguas residuales de la planta de nitrato de amonio en fertilizantes colombianos ferticol s.a. BOGOTÁ D.C. Fundación universidad de américa, 2016

Para las dosificaciones de los coagulantes, teniendo en cuenta la bibliografía la cual nos daba un rango en la cual podían trabajar los reactivos que se usaron y tomando como referencia la tesis de FORIGUA⁵⁴ se decidió tomar las 4 dosificaciones 250,500,750 y 1000 ppm. Se tomaron las medidas respectivas y con respecto a los límites permitidos en la norma ISO 3696 se escogió la mejor opción, se observó que en todos los experimentos el único parámetro que no disminuyó y que se encuentra fuera de los rangos permitidos fue la conductividad eléctrica por esta razón este parámetro no se tiene en cuenta al momento de elegir la mejor dosificación del

⁵³ LOPEZ, María Fernanda y MENDOZA, Laura carlota. Desarrollo de una propuesta de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales para la reducción de la DQO y DBO en la fábrica de chocolates triunfo s.a. Bogotá D.C.: Fundación universidad de américa

⁵⁴ FORIGUA. Margarita maría. Desarrollo de una propuesta de mejoramiento para el tratamiento de aguas residuales de la planta de nitrato de amonio en fertilizantes colombianos ferticol s.a. BOGOTÁ D.C. Fundación universidad de américa,2016

coagulante y por si el floculante, dicho esto las variables que se tuvieron en cuenta para la selección de los reactivos fueron en si el pH y la turbiedad debido a que esta última se utiliza como medida de la eficiencia del proceso. La siguiente tabla muestra las condiciones iniciales de la muestra antes de la experimentación

Tabla 13. Condiciones iniciales de la muestra

Temperatura inicial de la muestra	14.5 °C
Turbiedad inicial de la muestra	13.1
pH inicial de muestra	6.2
Color	trasparente
Conductividad eléctrica inicial de la muestra	60.8 μ S/cm

Fuente: elaboración propia

Antes de dar inicio a la prueba de jarras se realizó la curva de neutralización teniendo en cuenta la cantidad de cal hidratada y el pH.

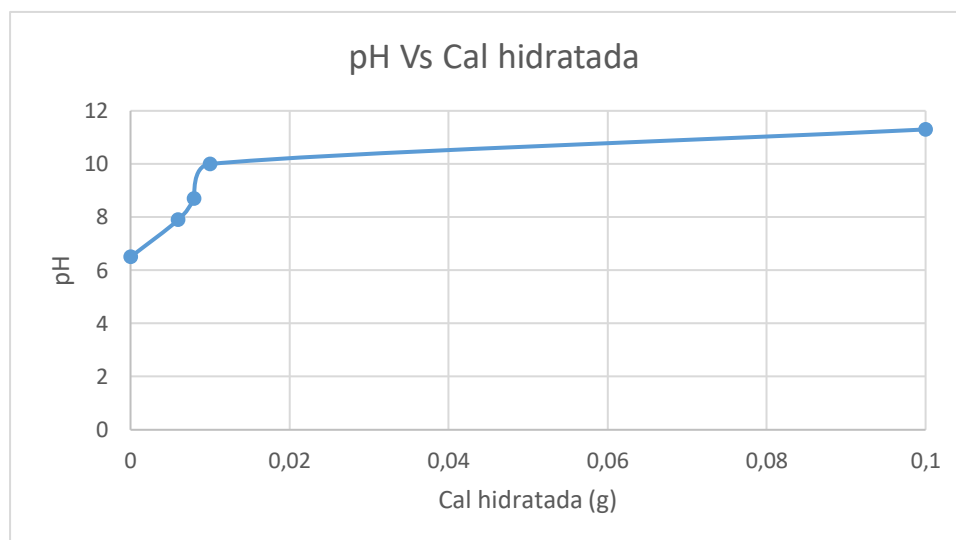
Tabla 14. Curva de neutralización en beaker con 500 ml de agua

Cal (g)	pH
0	6,5
0,006	7,9
0,008	8,7
0,01	10
0,1	11,3

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta los datos proporcionados por la tabla 14 se observa que la cantidad indicada de cal en gramos es de 0.006 dando un pH muy cercano al requerido por los reactivos, el cual el pH optimo es de 8 para las sales de aluminio. Realizada la curva de neutralización se tomó este valor para todos los ensayos de test de jarras, añadiéndolo en primer lugar a la muestra antes de añadir coagulante y floculante.

Gráfica 7. pH Vs cal hidratada



Fuente: elaboración propia

3.5.4 Selección de reactivos. Para el siguiente proceso en el que viene integrado la coagulación (proceso de desestabilización química de partículas coloidales) y floculación (aglomeración de los flóculos formados en el proceso anterior). Antes de realizar este procedimiento se tienen en cuenta diferentes características en el agua, en este caso se tuvo en cuenta la turbidez, el color aparente, pH y conductividad eléctrica.

- **Turbidez:** La turbidez se produce por materiales en suspensión tales como arcilla materia orgánica o inorgánica disueltos entre otros. Es una expresión de la propiedad óptica que hace que la solución se disperse y absorba en lugar de transmitirse en línea recta a través de la muestra⁵⁵. Actualmente el límite permitido para potabilización de agua es de 2 NTU, se hizo una búsqueda de este parámetro para reusó de aguas, y no tienen un límite máximo, pero teniendo en cuenta que las calibraciones se basan en la claridad del agua debido a que la medida del menisco es de forma visual por el operario se debe lograr la mayor transparencia en este parámetro por esta razón se consideró tomar el límite máximo permitido de 2 NTU.
- Para los demás parámetros se tuvo en cuenta la NORMA ISO: 3696 la cual especifica los límites máximos permitidos.

Cabe aclarar que en este proceso de coagulación y floculación, no se tendrá en cuenta la conductividad eléctrica para la selección del mejor floculante y coagulante ya que este proceso no tiene un control sobre este parámetro, debido a que al añadir

⁵⁵ MANUAL DE ANALISIS DE AGUAS. Gloria Inés Giraldo. Universidad nacional de Colombia. Manizales- Colombia. Departamento de ciencias 1995.

sales que son los compuestos usados para este procedimiento, aumentara la medida inicial de este parámetro físico. Para llevar a cabo esta fase del proyecto se realizó una búsqueda bibliográfica acerca de los coagulante más usados en los tratamientos de agua⁵⁶, entre estos tenemos:

- Sulfato de aluminio
- Aluminato de sodio
- policloruro de aluminio (PAC)
- Cloruro férrico
- Sulfato férrico
- Sulfato ferroso

Se eligió los coagulantes que no incurran en la coloración del agua, debido a que el proceso de calibración requiere agua lo más clara posible, ya que la medida en este proceso se hace de forma visual no es posible hacerlo con agua con algún tipo de coloración, esto podría afectar o alterar el proceso descrito anteriormente. Usar coagulantes a base de hierro trae consigo el tener que usar más filtros mecánicos sistemas de cloración y demás membrana que generan más costos para eliminar la gama de color que estos compuestos proveen. Por esta razón se descarta los coagulantes a base de hierro. A continuación en cuadro 22 se encontraran algunas características de las sales de aluminio con las que se van a trabajar en este proyecto, se observara el pH en el que es óptimo trabajar, precio que actualmente se maneja en el mercado entre otros.

Cuadro 22. Características de las sales de aluminio.

Reactivo	pH optimo	Adición de floculante	Dosis	Precio \$\$ COP/kg
Sulfato de aluminio	5-8	Necesario	Dosis baja	Líquido 1400 Granulado 2080
Aluminato de sodio	5-8	Necesario	Dosis baja	Granulado 3800
policloruro de aluminio (PAC)	6-8	Necesario	Menor dosis que el sulfato de aluminio	líquido 2800

Fuente: elaboración propia

Para el test de jarras se escogieron las sales de menor precio y teniendo en cuenta que la empresa ya cuenta con sulfato de aluminio granulado, se hizo el ensayo con 3 sales de aluminio, sulfato de aluminio granulado tipo A, sulfato de aluminio líquido y policloruro de aluminio (PAC).

⁵⁶SEDAPAL. ANDIA CARDENAS, Yolanda. Tratamiento de agua. Floculación y coagulación. Lima-Perú abril de 2000.

- Floculación

Teniendo en cuenta que los coagulantes de aluminio necesitan de un floculante para mejorar el proceso de aglomeración de partículas se decide usar un polímero catiónico, son muy utilizados para la clarificación de aguas afluentes de procesos, se eligió este floculante ya que la muestra tomada maneja un pH bajo, también debido a que este tipo de floculante trabaja con partículas de origen orgánico.

En el siguiente cuadro se muestran las características más importantes de los dos polielectrolitos sintéticos usados en el tratamiento de agua, el polímero anionico y catiónico.

Cuadro 23. Cuando comparativo de floculantes

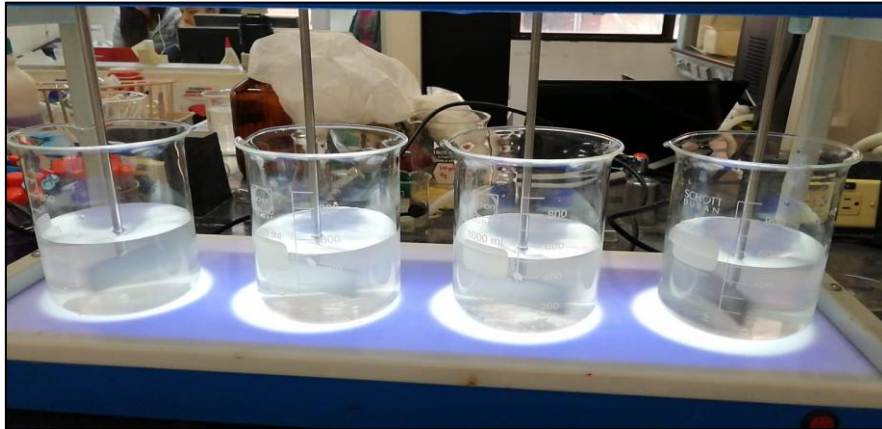
Polímero catiónico	Polímero anionico
<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza en partículas de origen orgánico • Cargado positivamente • pH bajos • presenta grupos amino, imino y amonio cuaternario. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza en partículas de origen inorgánico • Cargado negativamente • pH altos • presenta grupos que permite la adsorción y grupos ionizados negativamente.

Fuente: elaboración propia

3.5.5 Test de jarras. Proceso que se lleva a cabo para la selección de la dosificación correcta de coagulante y floculante, teniendo en cuenta la muestra que se obtuvo del proceso de calibración. En primer lugar se encontrará la dosificación del coagulante ya con esta se añade la dosificación del floculante.

3.5.5.1 Preparación de coagulante y floculante. Para el coagulante en forma de grano, se pesó en una balanza analítica y se añadió según la concentración indicada a cada jarra; para los otros reactivos que se encontraban en estado líquido se tuvo en cuenta la tesis de FORIGUA, en donde se prepararon los coagulantes líquidos al 5 % y el floculante a 0.1%, ya que trabaja también con sales de aluminio. Teniendo listos los reactivos se empezaron con el test de jarras.

Ilustración 6. Muestra inicial sin tratamiento



Fuente: elaboración propia

Prueba de jarras 1. Para el primer test de jarras se utilizó el coagulante sólido que actualmente usa la empresa COLMETRIK SAS. El sulfato de aluminio tipo A sólido, se midió pH, conductividad eléctrica y la turbiedad antes y después del experimento. Se inició añadiendo la medida indicada anteriormente de cal a las 4 jarras y se realizó una mezcla rápida por 1 min a 100 rpm. Seguido a esto se añadió el coagulante

Tabla 15. Dosificación coagulante 1

Exp	Dosificación sulfato de aluminio sólido (ppm)	pH	Turbiedad (NTU)	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
1	250	4,4	16,9	249
2	500	4,2	13,5	391
3	750	4,1	14	511
4	1000	4,0	14,7	635

pH inicial:6.2
Turbidez inicial(NTU):13.1
Conductividad eléctrica inicial ($\mu\text{S}/\text{cm}$):60.8

Fuente: elaboración propia

Como se observa en la tabla 15 el pH oscila entre 4,0 a 4,4 esto confirma que las muestras son más ácidas que antes de agregar el coagulante, teniendo en cuenta la turbiedad se evidencia una discrepancia teniendo en cuenta el primer experimento con respecto a los otros 3, ya que en el 2 ,3 y 4 experimento aumenta este parámetro.

Ilustración 7. Resultados del primer test de jarras coagulante 1.



Fuente: elaboración propia

Prueba de jarras 2. Después de utilizar el sulfato de aluminio sólido, se hizo el test de jarras con el coagulante 2, sulfato de aluminio líquido tipo A, se observa que en este test la conductividad disminuyó considerablemente.

Tabla 16. Dosificación coagulante 2

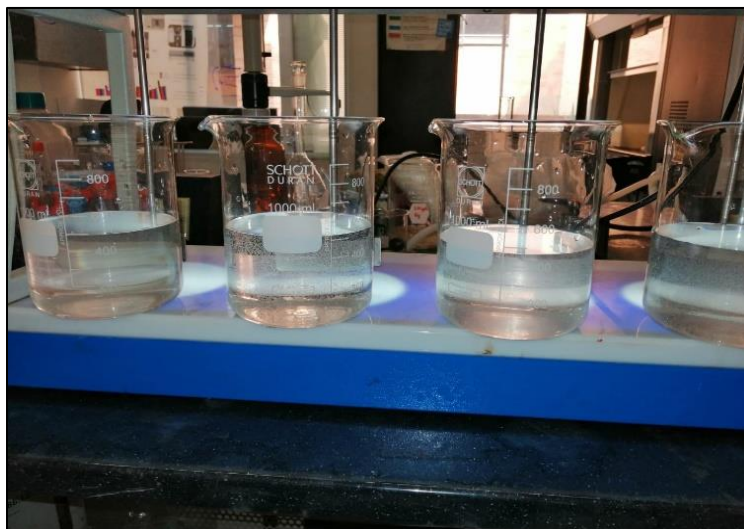
Exp	Dosificación sulfato de aluminio líquido (ppm)	pH	Turbiedad (NTU)	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)
1	250	8,2	12,2	76,2
2	500	7,3	8,7	78,6
3	750	7,5	11,8	80
4	1000	6,96	9,51	84,2

pH inicial:6.3
 Turbidez inicial(NTU):13.1
 Conductividad eléctrica inicial ($\mu\text{S/cm}$):58

Fuente: elaboración propia

Teniendo en cuenta la tabla 16 se observa que la turbiedad presenta discrepancia en la dosificación 2 y 4 ya que es donde se presenta los menores valores. La turbiedad aún es muy alta.

Ilustración 8. Resultados del segundo test de jarras



Fuente: elaboración propia

Prueba de jarras 3. Para el siguiente test de jarras se utilizó como coagulante el policloruro de aluminio, se repitió el proceso hecho anteriormente, en donde se neutralizo la muestra con cal y se realizó el proceso de test de jarras.

Tabla 17. Dosificación coagulante 3

Exp	Dosificación policloruro de aluminio liquido(ppm)	pH	Turbiedad (NTU)	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)
1	250	9,01	11,5	84,4
2	500	7,4	10,4	93,6
3	750	7,30	5,73	75,6
4	1000	6,88	4,72	75,4

pH inicial:6.5

Turbidez inicial(NTU):13.1

Conductividad eléctrica inicial ($\mu\text{S/cm}$):59,2

Fuente: elaboración propia

Como se observa en cada test de jarras la dosificación es la misma para cada coagulante, para poder comparar su uso en la muestra de agua que se tomó. En este test de jarras se obtuvo un porcentaje de reducción de turbiedad del 63,96 % utilizando como coagulante el policloruro de aluminio liquido con una concentración de 1000 ppm, aunque es el mejor ensayo la turbiedad aun no disminuye lo suficiente para estar dentro del límite máximo permitido de 2 NTU, el pH de este ensayo se encuentra dentro de los límites establecidos, siendo así se seleccionó este ensayo con esta dosificación para añadir el floculante ya que la muestra presenta mucha

dispersión por lo que es necesario la adición de este reactivo para aglomerar estas partículas y facilitar la eliminación o separación de estas de la muestra.

Ilustración 9. Resultados del tercer test de jarras



Fuente: elaboración propia

Prueba de jarras 4. Para el proceso de floculación se preparó el floculante al 0.1% esto quiere decir que se preparó a 1000 ppm y se añadió a la mezcla con coagulante elegida anteriormente en diferentes volúmenes.

Tabla 18. 1 Dosificación de floculante

Exp	Dosificación policloruro de aluminio sólido (ppm)	Dosificación de floculante 1000ppm	pH	Turbiedad (NTU)	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{Cm}$)
1	1000	1 ml	7,92	1,63	85,5
2	1000	2 ml	7,63	1,89	86,2
3	1000	3 ml	7,13	0,57	84,9
4	1000	4 ml	7,21	1,15	86,4

pH inicial:6.5
Turbidez inicial(NTU):13.1
Conductividad eléctrica inicial ($\mu\text{S}/\text{cm}$):59,2

Fuente: elaboración propia

Realizado estos cuatro ensayos con la dosificación seleccionada en el test anterior, se obtienen medidas de turbiedad dentro del límite máximo. Según el IDEAM⁵⁷ la turbiedad es causada por la materia suspendida y coloidal tal como materia orgánica e inorgánica, sedimentada entre otros, si este parámetro se tiene por debajo de 1, muestra que el agua tratada lo clara (transparente) que esta el agua. El pH se

⁵⁷ IDEAM. Turbiedad por nefelometría en el equipo turbiquant 3000 Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales .Programa de fisicoquímica ambiental. Versión 1 Bogotá-Colombia 15 de junio del 2007.

encuentra dentro de los límites permitidos lo que afirma que este ensayo es la mejor opción para el tipo de agua que se está manejando.

Ilustración 10. Resultados de test de jarras con floculante



Fuente: elaboración propia

Prueba de jarras 5. Según por diferentes fuentes bibliográficas y diferentes empresas como ARIS INDUSTRIAL, SERVYECO y DISTRIBUIDORA LOS ALIADOS LTDA, que han comprobado experimentalmente que la preparación del polímero catiónico debe ser al 0.1% para lograr mayor efectividad en el proceso, ya que una concentración mayor a esta dificulta la homogenización del producto y la manipulación de la misma debido a la alta viscosidad desarrollada.

Se decidió probar el coagulante con una concentración más en la muestra seleccionada con el coagulante, se preparó el floculante con una concentración del 0.05% y se llevó a cabo el proceso de test de jarras, con el fin de comprobar si los parámetros mejoran o se debe seleccionar el test de jarras anterior.

Tabla 19. 2 Dosificación de floculante

Exp	Dosificación policloruro de aluminio sólido (ppm)	Dosificación de floculante 500 ppm	pH	Turbiedad (NTU)	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{Cm}$)
1	1000	2 ml	7,62	2,50	84
2	1000	4 ml	7,4	2.34	85.4
3	1000	6 ml	7,2	1.23	84.3

Tabla 19 (Continuación)

4 1000 8 ml 7 1.26 86

pH inicial:6.5

Turbidez inicial(NTU):13.1

Conductividad eléctrica inicial ($\mu\text{S}/\text{cm}$):59,2

Fuente: elaboración propia

Con los resultados de este proceso de coagulación-floculación la turbiedad aumentó lo que confirma que la dosificación más óptima del floculante es de 0.1% ya que mostró la menor medida de turbiedad en el agua. Por esta razón la prueba de jarras 5 se descarta para la selección de la dosificación del floculante.

Ilustración 11. Resultados de test de jarras con floculante



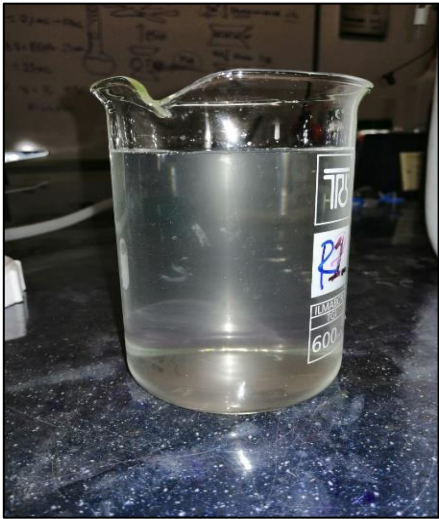
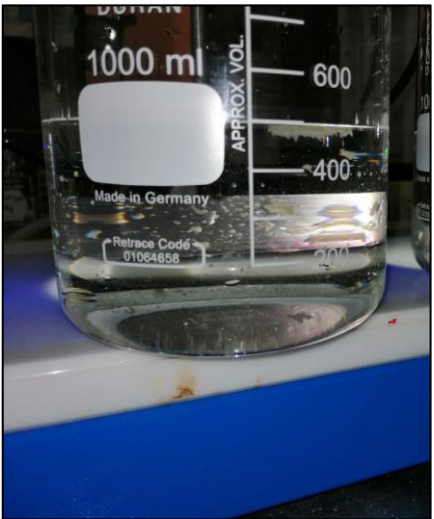


Fuente: elaboración propia

Terminado el proceso de coagulación y floculación, se comprobaron las dosificaciones adecuadas para la muestra de agua que se tiene. El coagulante seleccionado es el policloruro de aluminio con una concentración de 1000 ppm y el floculante es el polímero catiónico preparado al 0.1 % en una dosificación de 3 ml a la muestra con coagulante.

En el cuadro 24 se muestra las imágenes del antes y después del tratamiento, se observa una vista frontal y lateral del agua inicial y el agua después del proceso de coagulación-floculación. Se observa claramente que la turbiedad disminuyó considerablemente, el agua presenta transparencia, la aglomeración de los flocs se encuentran suspendidos esto se da por la naturaleza del coagulante y floculante lo que facilita su eliminación.

Cuadro 24. Imágenes de resultados del proceso

Vista	Muestra inicial	Muestra final
Superior		
Lateral		

Fuente: elaboración propia

Respecto al pH y la turbiedad se obtuvieron 7,13 y 0,57 NTU respectivamente. Con los datos anteriores se puede calcular el porcentaje de remoción:

Tabla 20. Porcentaje de remoción en la muestra

	Muestra inicial	Muestra tratada
Turbiedad NTU	13.1	0,57
pH	6.5	7,13
% de remoción		95.64

Fuente: elaboración propia

Calculado el porcentaje de remoción se confirma que el proceso fue un éxito ya que este se encuentra por encima del 90 %, el proceso fue efectivo y se controló el pH dentro de los límites máximos permitidos. Después del proceso se producen 2 L de agua tratada y se envía a laboratorio para medida de DBO y sólidos suspendidos para poder probar esta agua en los filtros con los que cuenta la empresa y analizar el agua de salida donde se mostrara un control sobre los parámetros faltantes de la norma excepción de la conductividad eléctrica.

3.5.6 Selección de cartuchos para el proceso de filtración. Con el fin de tener controlados los parámetros que exige la norma se tiene en cuenta el proceso de filtración y de buscar materias primas que disminuyan la conductividad eléctrica que en este caso su aumento está dado por la adición de policloruro de aluminio.

Los equipos de desionización están compuestos principalmente por filtros para eliminar sólidos o partículas de tamaño considerables, seguido de una etapa de adsorción (que se lleva a cabo con carbón activo) y finaliza con los filtros de resinas puede ser un solo filtro o una composición de lecho mixto. Los filtros para eliminar sólidos también llamados filtros para sedimentos están fabricados en mallas de nylon o en polipropileno, actualmente los que más se usan y comercializan las grandes empresas son los filtros de polipropileno descritos anteriormente. Este tipo de filtro se maneja en 3 tamaños 5,10 y 20 pulgadas, existen diferentes referencias ya que es un material muy versátil, se presentan en fibras, hilos, plisado o malla, la eficiencia es de aproximadamente 85-95% de las partículas en suspensión⁵⁸. Según lo anterior se plantean los materiales filtrantes que pueden mejorar este proceso.

⁵⁸ PURIFICARAGUA. Guía de purificadores de agua [en línea] [Consultado: 10 de junio de 2019]. Disponible en internet: <http://www.guiapurificadoresdeagua.com/filtros-de-sedimentos/>

3.5.6.1 Filtros de sedimentación. Eliminan los sedimentos es el primer paso en los proceso de purificación de agua o tratamiento para obtención de agua de alta calidad. Este tipo de filtros se manejan de forma desechable es decir cumplen su función y se bota, son principalmente elaborados en polipropileno y nylon; el polipropileno es un polímero formador e enlaces simples de carbono-carbono y carbono hidrogeno, en su estructura tiene un metilo (CH_3)⁵⁹, el nylon es un polímero que se usa como fibra, también denominado poliamida debido a que en la cadena principal posee grupos amidas, es utilizado por su durabilidad, flexibilidad y resistencia a la corrosión⁶⁰.

- Filtros de polipropileno. en el cuadro 25 se observan los diferentes tipos de filtros de polipropileno que se encuentran en la industria para procesos de potabilización de agua, o procesos en industrias alimenticias o de fármacos.

Figura 11. Tipos de filtros de polipropileno



Fuente: elaboración propia

Se describe la función, las características (CT), el caudal necesario, tamaño de poro, el precio y la eficiencia (EF). Esta información se provee de diferentes empresas que se encargan de la venta y distribución de estos filtros entre estas encontramos INTELLIWATER⁶¹, PURE AQUA⁶², PURIFICAR AGUA⁶³ y filtros A Y Z⁶⁴.

⁵⁹ PROPILCO. Información sobre polipropileno y generalidades. [en línea] [consultado 10 de agosto 2019] disponible en: <https://www.esenttia.co/downloadableFiles/technologyServices/informacionPolipropileno/421_Generalidades_con_Logo.pdf>

⁶⁰ ULTIMAKER. Ficha de datos técnica del Nylon. . [en línea] [consultado 10 de agosto 2019] disponible en: <<https://ultimaker.com/download/67541/TDS%20Nylon%20v3.011-spa-ES.pdf>>

⁶¹ INTELLIWATER. Filtración PENTEK. [en línea] [consultado 10 de agosto 2019] <<http://intelliwater.com.co/contactenos/>> Cali – Colombia.

⁶² PURE AQUA, INC. Cartuchos de filtros Pure Aqua. [en línea] [consultado 10 de agosto 2019] <<https://es.pureaqua.com/cartuchos-de-filtros-pure-aqua/>> Estado Unidos.

⁶³ PURIFICARAGUA. Guía de purificadores de agua. . [en línea] [consultado 10 de agosto 2019] <<https://es.pureaqua.com/cartuchos-de-filtros-pure-aqua/>> Junio 2015.

⁶⁴ FILTROS AYZ. Filtros de agua para sedimentos. [en línea] [consultado 10 de agosto 2019] <<https://www.filtrosayz.com/productos/filtros-de-agua/>> Bogotá-Colombia.

Cuadro 25.Filtros de polipropileno.

Tipo de filtro	Función	CT	Caudal	Tamaño de poro (µm)	Precio COP	EF
Filtro de celulosa plisada con centro de polipropileno	Se utiliza en diferentes procesos de filtración previa para Ol.	Alto caudal, baja caída de presión alta capacidad de retención de suciedad. Es lavable y reutilizable.	Maneja un caudal de 5-28 gpm (2,5 " D) 10-30 gpm (4.5"D)	2,5"D 0,2-20 4.5"D 1-50	54.900	85%
Filtro de polipropileno con cuerdas enrolladas	Se utiliza en todas las áreas industriales y también en la potabilización de agua	Caudal alto, baja caída de presión, retiene un 90% de suciedad.	Maneja un caudal de 5-28 gpm (2,5 " D) 10-30 gpm (4.5"D)	2,5"D 1-50 4.5"D 1-50	24.900	92%
Filtro de fibras de polipropileno	Elimina partículas de lodo, arenas, bacterias, materia orgánica entre otros.	Presenta gran superficie, es muy efectivo para partículas de un tamaño pequeño.	Maneja un caudal de 5-28 gpm (2,5 " D) 10-30 gpm (4.5"D)	2,5"D 1-5-10-25 4.5"D 1-5	18.000	95%
Filtro de polipropileno hilado	Se utiliza en filtros previos a Ol, también para potabilización, productos químicos y otros tipos de industrias.	Posee una excelente resistencia química, bajo costo y una retención de 90% de suciedad.	Maneja un caudal de 2-28 gpm (2,5 " D) 10-30 gpm (4.5"D)	2,5"D 1-50 4.5"D 1-25	28.900	90%

Fuente: elaboración propia.

Los filtros de nylon se reemplazaron por los de polipropileno en proceso de producción de agua para mejorar la eficiencia de estos. De acuerdo a los tipos de filtros para sedimentos evaluados se selecciona el filtro de fibras de polipropileno por precio y eficiencia. Según empresas que realizan procesos de implementación de equipos desionizadores como AGUACTEC se utilizan filtros de sedimentos de 5µm⁶⁵.

⁶⁵ AGUACTEC.SAS. Equipos desionizadores. [en línea] [Consultado: 10 de junio de 2019]. Disponible en internet: <https://www.aguatec.com.co/images/stories/fichas_tec/Equipo%20Desionizador.pdf> Medellín-Colombia.

3.5.6.2 Filtros de carbón activo. El carbón activo posee una estructura cristalina reticular similar al grafito, es extremadamente poroso. El área de superficie varía dependiendo de la materia prima que se usa, se utiliza para retener sustancias no polares como aceite natural, polihidrocarburos, aromáticos, cloro y derivados, sustancias halogenadas y bacterias⁶⁶.

- Cartucho de carbón en bloque (matrix): Bloque de carbón activado de concha de coco reduce sabor color y olor del agua, elimina bacterias, metales pesados, cloro, impurezas, arenas y barros, se utiliza para tratamiento de aguas potables, como proceso de pre filtración, para máquinas de pretratamiento de ósmosis inversa o auxiliar para retención de partículas de cloro en el agua, este cartucho tiene un valor nominal de 5 a 20 micras una duración de 6 a 8 meses y con una eficiencia del 85%.⁶⁷

Sabiendo que este proceso se hace para eliminar las partículas que resultan o trae el agua residual después del proceso de coagulación/floculación, los metales e iones. Se seleccionaron los cartuchos más eficaces para el pretratamiento del agua necesario para la siguiente fase, que en este caso es el filtro de intercambio iónico.

Según YAMATO SCIENTIFIC AMERICA⁶⁸ para la producción de agua desionizada, recomiendan usar un filtro con su respectivo cartucho para el proceso de pretratamiento en este caso utilizan cartuchos de carbón activo, por su eficiencia al retener partículas y demás, seguido a este pretratamiento es alimentado el filtro de intercambio iónico.

También con respecto a NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES⁶⁹ la cual afirma que para el proceso de intercambio iónico se necesita de un tratamiento antes de alimentar el filtro con el agua residual, como la fuente anterior coinciden en que este pretratamiento se haga con carbón activado para eliminar contaminantes orgánicos y partículas que provengan del proceso de coagulación. En el cuadro 26 se encuentran las características del filtro de carbón en bloque la información se obtuvo se la página de Filtros AYZ⁷⁰.

⁶⁶ AVILA, Iván Ricardo, MORENO, Mario Arturo. Diseño, propuesta e implementación de un filtro para tratamiento de aguas de uso doméstico en tanques de reserva en la población del casco urbano de la inspección de san Antonio de anapoima. Facultad de ingeniería. Especialización en gerencia ambiental. Bogotá. Junio 2016

⁶⁷ Filtros comerciales. Plantas purificadoras de agua. Guadalajara-México.2000-2019 [en línea] [Consultado: 10 de junio de 2019]. Disponible en internet: <<http://www.plantaspurificadorasdeagua.net/tipos-cartuchos.php> >

⁶⁸ PURIFICADOR DE AGUA LABO-CABE. Yamato scientific américa. Estados Unidos. [en línea] [Consultado: 10 de junio de 2019]. Disponible en internet: <<https://yamato-usa.com/>>

⁶⁹ NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES.The national academies. Sistemas de adsorción y de intercambio iónico. [en línea] [Consultado: 10 de junio de 2019]. Disponible en internet: <<https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Adsorption-and-Ion-Exchange-Systems.html> >

⁷⁰ FILTROS AYZ., Op.cit.

Cuadro 26. Características de cartucho de bloque de carbón activo.

Tipo de cartucho	Eficiencia teórica	Costos	Tiempo de vida útil	Desventajas
Cartucho de carbón en bloque	85%	Cartucho \$18.000	6 meses	No es lavable

Fuente: elaboración propia

Se aclara la importancia de un filtro para sedimentos y un filtro de adsorción (bacterias, metales etc.) se preseleccionaron dos cartuchos de cada tipo es decir de polipropileno y de carbón activo, los cuáles se analizaron con respecto a costos (inversión y mantenimiento) y se eligió el que fuera más rentable para la empresa, teniendo en cuenta la eficiencia teórica. La empresa cuenta con dos carcasas de 10 Pulgadas en donde se introducen los cartuchos seleccionados

Se llevó a cabo un análisis del proceso de filtración en el cuál se evaluó el agua que sale de estos filtros. Se observan los resultados en la tabla 21. Estos análisis se llevaron a cabo en dos laboratorios externo, para el análisis de aluminio y sólidos suspendidos se realizaron en el LABORATORIO CIAN, mientras que la conductividad se analizó al momento de pasar el agua por los filtros en las instalaciones de NYCE COLOMBIA.

Tabla 21. Análisis final de agua filtrada

	Agua alimentada	Agua filtrada
Aluminio (mg/L)	9,89	<0,2
Conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	62	50,5
Sólidos suspendidos totales (mg/L)	133	<2
Turbiedad (NTU)	0,57	0,36

Fuente: elaboración propia

3.6 SELECCIÓN DE RESINA PARA LA COLUMNA DE INTERCAMBIADOR IÓNICO

Seguido al proceso de filtración encontramos la columna de intercambiador iónico, siendo la última etapa. El agua que se obtiene después del proceso de filtración no cuenta con los parámetros establecidos por la NORMA ISO: 3696, esto se evidencia en la conductividad eléctrica debido a que sobrepasa los 5 $\mu\text{s}/\text{cm}$, debido a esto se añade el intercambio iónico para lograr obtener agua grado 3.

Se buscan resinas catiónicas y aniónicas en dos empresas diferentes con el fin de seleccionar la más apta para el proceso necesario.

Cuadro 27. Resinas

Empresa	Resina catiónica	Resina aniónica
BIOCIDAS Y QUIMICOS S.A.S	LEWATIT MonoPlus S108 H	LEWATIT MonoPlus M800 OH
	LEWATIT TP207	LEWATIT MonoPlus M500
VERLEK	LEWATIT C249	LEWATIT MonoPlus M600
	AMBERLIT IR120 Na	AMBERLIT IRA402 Cl

Fuente: elaboración propia

Para seleccionar la resina tanto catiónica como aniónica a usar se utilizan 5 criterios de gran importancia, factibilidad, costos, agente regenerantes, tiempo de vida útil y capacidad de intercambio Este proceso se llevara a cabo con las resinas catiónicas y las resinas aniónicas de forma separada.

3.6.1 Criterios de selección de resinas. En el cuadro 28 se le dará un porcentaje de importancia a cada criterio dependiendo de la opinión de la empresa COLMETRIK.SA. También se encontrara la definición de cada criterio.

Cuadro 28. Criterios para selección de resinas

Criterio	Porcentaje	Definición
Factibilidad	15%	Se contempla el tiempo de entrega de la resina.
Costos	30%	El costo generado por la adquisición del producto seleccionado, considerando su tiempo de vida útil y la cantidad de producto.
Agente regenerante	20%	Hace referencia al tipo de regenerante usado y si tiene alguna restricción de venta, también se considera la cantidad de regenerante que se debe usar dependiendo de la resina.
Tiempo de vida útil	15%	Las resinas de intercambio iónico manejan un tiempo de vida útil, dependiendo de cada una, es decir existen resinas con una vida útil de 18 meses, como también 5 años o más, esto depende del caudal usado y el tipo de agua que alimente estos filtros.

Cuadro 28 (continuación)

Criterio	Porcentaje	Definición
Capacidad de intercambio	20%	Es una medida de la cantidad de iones que es capaz de intercambiar en unas condiciones de trabajo. Se expresa habitualmente con miliequivalentes por gramo (meq/g). Se determina por el número de grupos funcionales y la naturaleza química de los mismos ⁷¹ .

Fuente: elaboración propia

3.6.1.1 Matriz de selección de resina catiónica y Aniónica. Se le dará una calificación de 1 a 3 a cada criterio donde:

Cuadro 29. Calificación de matriz

1	Muy malo
2	Regular
3	Muy bueno

Fuente: elaboración propia

De acuerdo a cada criterio la ponderación será la siguiente.

Cuadro 30. Calificación para Factibilidad

1	Muy malo	Limitación de venta de reactivos
2	Regular	Tiempo de entrega (encargo)
3	Muy bueno	Fácil obtención

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 31. Calificación para costos

1	Muy malo	\$250.000 en adelante
2	Regular	\$200.000
3	Muy bueno	\$200.000 o menos

Fuente: elaboración propia.

⁷¹ SANCHEZ, Concepción. Intercambio iónico (ft-ter-006). Tratamientos terciarios. Universidad de Coruña. España. septiembre 2015.p.4-5.

Cuadro 32. Calificación para agente regenerantes

1	Muy malo	No está a la venta comercialmente y se utiliza más de 250 g/L
2	Regular	Limitación de venta y se utiliza entre 210g/L a 250g/L
3	Muy bueno	Fácil obtención y se utiliza una cantidad de 200 g/L

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 33. Calificación para tiempo de vida útil

1	Muy malo	Duración menor a 1 año
2	Regular	De 12 meses a 24 meses
3	Muy bueno	Mayor a 24 meses.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 34. Calificación para capacidad de intercambio

1	Muy malo	Menor a 1 meq/L
2	Regular	1 meq/L < CII < 1,5 meq/L
3	Muy bueno	Mayor a 1.5 meq/L

Fuente: elaboración propia.

A continuación se observa el ponderado para cada resina y se elige la que tenga mayor valor; de acuerdo a los criterios utilizados, en el Anexo F encontraremos las fichas técnicas de las resinas de intercambio iónico utilizadas de donde se sacó la información necesaria para la tabla 22 y 23.

Tabla 22. Ponderado de matriz de selección de resina catiónica.

Criterio	%	LEWATIT MonoPlus S108 H	LEWATIT TP207	LEWATIT C249	AMBERLIT IR120 Na
Factibilidad	15	3	3	3	2
Costos	30	3	3	3	1
Agente regenerante	20	3	3	2	1
Tiempo de vida útil	15	3	2	2	1
Capacidad de intercambio	20	3	3	3	3
Total	100	3	2,85	2,65	1,55

Fuente: elaboración propia

Tabla 23. Ponderado de matriz de selección de resina Aniónica.

Criterio	%	LEWATIT MonoPlus M800 OH	LEWATIT MonoPlus M500	LEWATIT MonoPlus M600	AMBERLIT IRA402 CI
Factibilidad	15	3	3	3	2
Costos	30	3	1	2	1
Agente regenerante	20	3	3	3	2
Tiempo de vida útil	15	3	2	2	1
Capacidad de intercambio	20	2	2	2	2
Total	100	2,65	2,05	2,5	1,55

Fuente: elaboración propia

Según el ponderado de las matrices se selecciona la resina LEWATIT MonoPlus S108 H y LEWATIT MonoPlus M800 OH ya que son las que tiene mayor ponderado sobre las otras 6 resinas, la resina catiónica posee un ponderado de 3 lo que evidencia que en todos los criterios tiene la mejor calificación, para el caso de la resina Aniónica en el único criterio que queda con una calificación de 2 es en la capacidad de intercambio ya que tiene un valor de 1.2 meq/L.

La operación del proceso de intercambio iónico se da en co-corriente al igual que el proceso de regeneración de las resinas de intercambio iónico. El diagrama se observa en el Anexo P.

3.7 EFICIENCIA TEÓRICA DE LA PROPUESTA

Se realizó una caracterización final del agua después de realizada la alternativa seleccionada en el LABORATORIO CIAN con el fin de verificar y corroborar que los parámetros no exceden los límites permitidos por la norma ISO 3696:2004. También se comparan algunos parámetros con la norma para re uso de aguas en diferentes procesos industriales la cuál es la Resolución 1207 de 2014.

Tabla 24. Resultados aguas tratadas comparadas con la Norma ISO 3696:2004 y Resolución 1207 de 2014

Parámetro	Resultado inicial	Resultado final	Resolución 1207 de 2014	ISO 3696:2004	CUMPLE
pH	6,45375	5,24	NA	5.0-7.5	SI
Conductividad eléctrica($\mu\text{s}/\text{cm}$)	60,7	0,8	NA	5	SI
DBO_5 (mgO_2/L)	708	<0,2	30	0.4	SI
Sólidos suspendidos totales(mg/L)	133	<0,2	NA	2	SI
BTX`s (mg/L)	-	<0,01	<0,001	NA	NO
Aluminio (mgAl/L)	9,89	<0,2	5	NA	SI

Fuente: elaboración propia

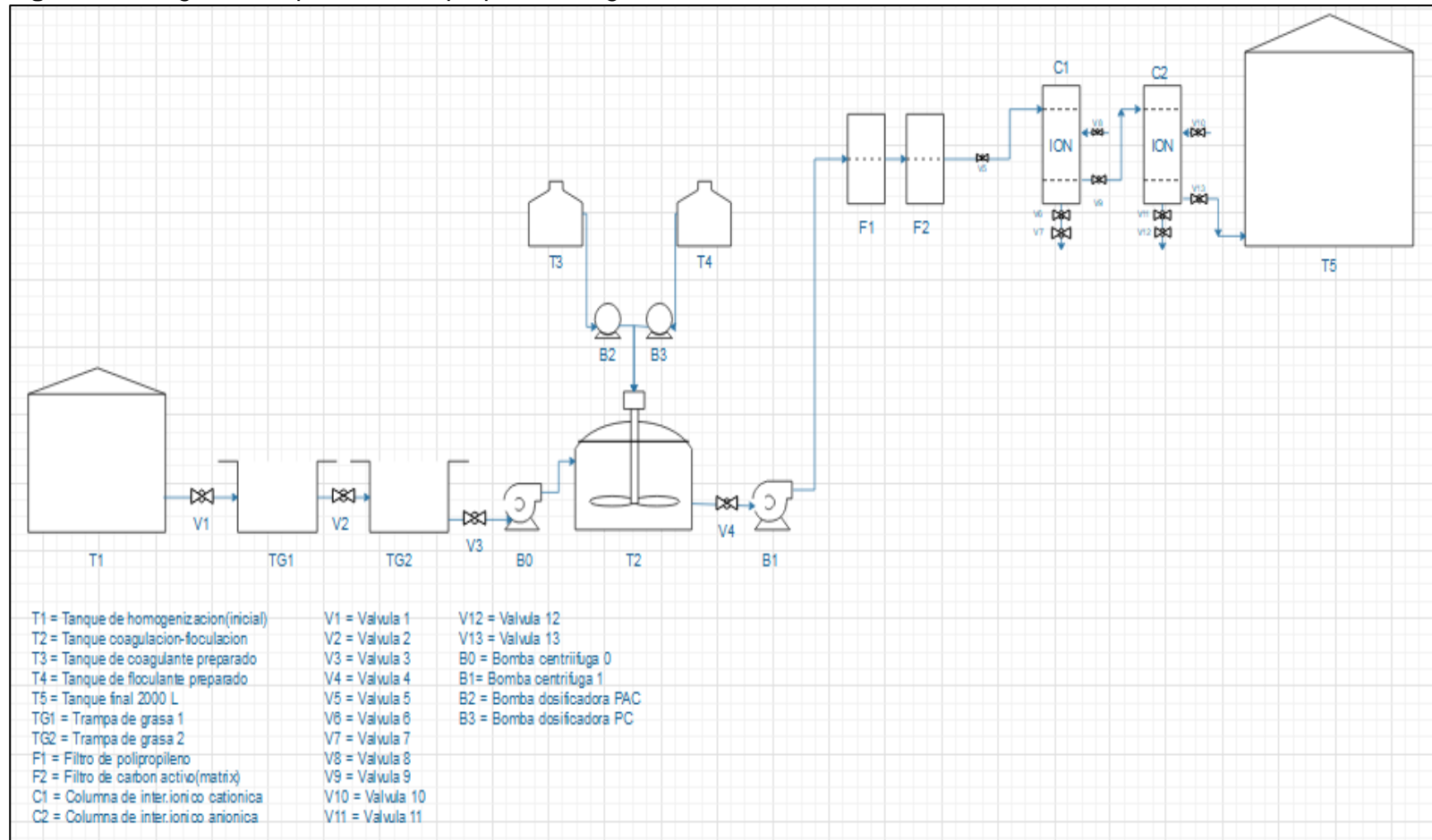
Con la tabla 24 se observa que todos los parámetros disminuyeron lo que justifica que la alternativa fue eficaz; Todos los parámetros comparados con la norma ISO cumplen es decir que el tratamiento que se realizó fue eficiente. Por otro lado los parámetros BTX`s y aluminio comparados con la resolución 1207 de 2014 no cumple y cumple respectivamente, sin embargo el BTX`s es un análisis adicional debido a que el agua que se utiliza esta principalmente contaminada con estos compuestos, esto explica que para procesos de intercambio de calor esta agua no es apta para darle este tipo de reusó, pero para otros casos como agua de laboratorios no es necesario tener en cuenta este parámetro.

Para el caso del aluminio es un metal que se debe analizar debido a que era el único metal que excedía los límites máximos presentados en esta resolución es decir era el culpable de tener una conductividad eléctrica tan alta; por esta razón se analizó después de cada etapa del proceso.

3.8 MONTAJE CONCEPTUAL DE LA PROPUESTA DE MEJORA

El tratamiento del agua residual empieza con el almacenamiento del agua en un tanque de igualación a lo largo del día con el fin de poder aplicar el mismo proceso siempre y que las condiciones del agua no varíen de una calibración a otra. El agua producida de los procesos de calibración de serafín pasaría directamente a este tanque como primera etapa el cual tiene una capacidad de 500 L seguido de las trampas de grasa, se dejan pasar 90 L que son medidos con la primer trampa, teniendo los 90 L se cierra la válvula de bola, esta trampa cuenta con un soporte que le da altura para que el fluido pase por gravedad a la siguiente trampa de grasa, cuando se alcanzan los 0,14m que equivalen a 90 L aproximadamente ya que este es el máximo volumen de las trampas de grasas se abre la llave de paso para que el fluido se transfiera a la segunda trampa de grasa; en esta etapa se tendrá un tiempo de retención de media hora por cada trampa que será controlado por el operador, siendo así el agua estará una hora en este tratamiento, antes de continuar con la próxima etapa, se encuentra una bomba centrífuga la cual se encargara de hacer succión del agua acumulada en la segunda trampa de grasa y pasar este fluido a la tercera etapa con un caudal continuo de $4,5 \text{ m}^3/\text{h}$, está dotada de un tanque de coagulación-floculación con agitación mecánica posee dos bombas dosificadoras manuales, esto quiere decir que el operador de este laboratorio se encargara de este proceso, el proceso de eliminación de los flocs ligeramente pesados los hace el operador por medio de un barrido, el agua que sale de aquí es succionada por una bomba centrífuga y se lleva al proceso de filtración donde se encuentran los dos filtros de fibra de polipropileno y bloque de carbón (matrix) de forma consecutiva seguido de las columnas de resina catiónica y Aniónica del intercambio iónico, esta alternativa termina con el paso del agua al tanque final de 2000L.

Figura 12. Diagrama de procesos de propuesta elegida



Fuente: elaboración propia.

4. CONDICIONES TÉCNICAS Y OPERATIVAS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

Con el montaje conceptual de la propuesta escogida anteriormente, pasamos al siguiente capítulo en donde se incluirá dimensionamiento de equipos y variables a tener en cuenta. La planta actual de la empresa cuenta con pocas unidades, lo que dificulta la efectividad del proceso, por esta razón se analiza las unidades necesarias para este proceso y si la empresa cuenta o no con ellas con el fin de mejorar el proceso y las condiciones actuales en la que se encuentran las unidades.

4.1 UNIDADES NECESARIAS PARA PROCESO DE DES IONIZACIÓN

A continuación se describe las unidades básicas para el proceso anteriormente descrito, también la cantidad de equipos y si la empresa los tiene.

Cuadro 35. Unidades de la planta actual.

Unidad	# de equipos	Existe en la empresa	observación
Tanque inicial	1	NO	El agua residual que sale del proceso es directamente dirigida a las trampas de grasas, por esta razón no existe tanque inicial, implementarlo podría mejorar el proceso.
Trampa de grasas	2	SI	Tanque de 95 L en perfecto estado, proceso en el cuál no se está controlando el tiempo de retención y donde se añade el coagulante de manera empírica, lo que evita el buen funcionamiento de este proceso.
Tanque de coagulación y floculación	1	NO	No existe un tanque para este proceso, ya que se realiza en las trampas de grasas, pero si se realiza de manera individual la eficiencia del proceso podría mejorar.
Coagulante	1	SI	El coagulante que se está usando actualmente es el sulfato de aluminio granulado tipo A.
Floculante	1	NO	No se presenta floculante para aglomerar las partículas.

Cuadro 35. (Continuación)

Unidad	# de equipos	Existe en la empresa	observación
Tanque final	1	SI	La empresa cuenta con un tanque de una capacidad de 2000 L.
Bombas centrífugas	2	NO	La empresa cuenta con una (1) sola bomba centrífuga lo que afecta el proceso debido a que se necesitan 3 para la alternativa seleccionada.
Bombas dosificadoras	2	NO	No cuenta con ninguna bomba dosificadora actualmente

Fuente: elaboración propia

4.2 DIMENSIONAMIENTO DE PROPUESTA

4.2.1 Tanque de igualamiento (homogenización): Debido a que el proceso no es continuo se debe hacer uso de un tanque de igualamiento en donde se almacena el agua de las calibraciones diarias, las ventajas de estos tanques son las siguientes

- Amortiguar las variaciones de las descargas de aguas residuales
- Regular el caudal y concentraciones de aguas residuales para que siempre sea el mismo tratamiento

Teniendo en cuenta que las calibraciones de serafines no se hacen de forma continua ya que la disponibilidad de estos serafines varían de mes a mes, no se tiene un control de llegada ya que depende directamente del cliente, se propuso tener una medida exacta para el lavado y la calibración de este equipo volumétrico, siendo así se estableció que esta medida es de 5 gal y aclarando que se harán dos lavados y 2 ensayos de calibración para minimizar el error en la medida del menisco, a continuación se muestra la cantidad de agua generada por un promedio de 4 calibraciones diarias.

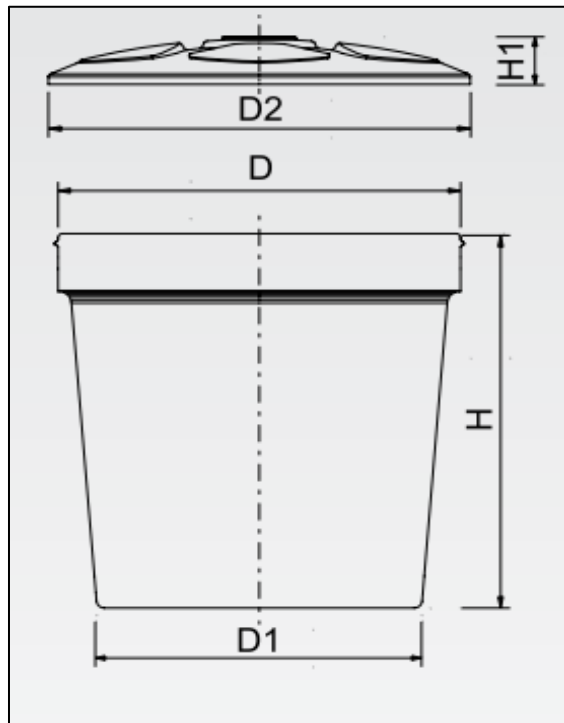
Cuadro 36. Litros generados en calibraciones

Calibración	Agua generada por calibración	Acumulación de agua
1	90 L	90 L
2	90 L	180 L
3	90 L	270 L
4	90 L	360 L

Fuente: elaboración propia

Teniendo el dato de acumulación de agua por 4 calibraciones se selecciona un tanque con un volumen máximo de 500 L para esta etapa. La empresa cuenta con dos tanques de 2000 L de la marca ETERNIT, la calidad de este tanque ha salido muy buena en consecuencia a la experiencia de la empresa con este producto se propone la compra de un tanque de 500 L de esta marca, normalmente son fabricados en polietileno, elaborados para cuidar y proteger el agua que se almacene en este.

Figura 13. Tanque de igualación marca ETERN



Fuente: ETERNIT [En línea] consultado 15 de julio del 2019 disponible en:<<https://www.eternit.com.co/documents/32456/170778/FICHA+TECNICA+TANQU+ES+PLASTICOS.pdf/7ce436b6-e3ca-4580-8368-9c26dbab10ac>>

Figura 14. Dimensiones de tanques ETERNIT

Volumen Bruto Litros	Dimensiones del tanque mm			Dimensiones de la tapa mm	
	D	D1	H	D2	H1
250	810	677	720	850	138
250 mini	932	815	443	989	124
500	931	758	934	975	170
1000	1.232	1.031	1.030	1.275	230
2000	1.520	1.220	1.550	1.585	280
6000	2.205	1.800	2.197	2.277	250
Agrotanque	932	815	443	-	+

Fuente: ETERNIT [En línea] consultado 15 de julio de 2019 disponible En: <<https://www. eternit.com.co/documents/32456/170778/FICHA+TECNICA+TANQUES+PLASTICOS.pdf/7ce436b6-e3ca-4580-8368-9c26dbab10ac>>

4.2.2 Tanque de coagulación-floculación: la empresa no cuenta con tanque para el proceso de coagulación y floculación, por esta razón es necesario establecer las medidas de este tanque, teniendo en cuenta la cantidad de coagulante y floculante que se añade al agua, y el agua obtenida después de las trampas de grasas.

Cantidad de reactivos usados para un volumen de 180 L (Anexo D) se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 25. Cantidad de reactivos

Reactivos	Cantidad
Policloruro de aluminio	0,18 Kg
Polímero catiónico	0,00108 Kg
Agua	4,68 L
Agua a tratar	180 L

Fuente: elaboración propia

Para calcular el volumen del tanque se tiene en cuenta la cantidad de agua que se adiciona con el coagulante y el *floculante*, como los 180 L del agua a tratar dando un volumen total de 185 L aproximadamente. Con este dato se halla el volumen del tanque con un factor de seguridad de 15%.

Ecuación 6. Volumen del tanque de coagulación- floculación

$$V_{tanque} = V_{aguainicial} + (V_{aguainicial} * 0,15)$$

Fuente: elaboración propia en base: FRANCO, Daniela Andrea. Propuesta para la reutilización de aguas residuales del proceso de recubrimientos electrolíticos de la empresa zintepec Ltda. Universidad de américa. Bogotá. 2018. p.75.

$$V_{tanque} = 185 + (185 L * 0,15) = 212,75 L$$

Asumiendo que el volumen del tanque es de $0,21275 m^3$ se puede calcular el diámetro y la altura de este tanque con el fin de seleccionar la mejor opción.

Ecuación 7. Diámetro del tanque de coagulación- floculación

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

Fuente: Elaboración propia

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * 0,21275 m^3}{1,5 * \pi}} = 0,5652 m$$

Ecuación 8. Altura del tanque coagulación- floculación

$$h = D * 1.5$$

Fuente: elaboración propia

$$h = 0,5652 m * 1.5 = 0,8478 m$$

En conclusión en el cuadro 37 se encuentran las dimensiones del tanque para el proceso de coagulación y floculación.

Cuadro 37. Características de tanque.

Parámetro	valor
Volumen (L)	212,75
Diámetro (m)	0,5652
Altura (m)	0,8478

Fuente: elaboración propia

Para elegir el agitador portátil para el proceso de coagulación y floculación se tuvo presente el proceso que se llevó a cabo en el test de jarras, ya que se fijó las rpm para los productos químicos seleccionados. También se consideró el volumen de la muestra, ya que es un volumen pequeño comparado con otros procesos de tratamiento de agua y el tamaño del tanque en donde se realizara este proceso de mezcla (Agitación mecánica).

Se cuentan con algunos parámetros de agua que alimenta el tanque floculador a continuación se presentan estos

Cuadro 38. Características del agua residual

Parámetro	valor
Tipo de agua	Agua residual
Densidad del fluido	1,02 g/cm ³
Viscosidad del fluido	0,001003 Kg/m.s
Volumen del fluido (l)	185
Velocidad de agitación	40-120

Fuente: elaboración propia

Con el cuadro 37 y 38 se calculan las dimensiones del agitador y con estas se escoge el adecuado para el proceso que se debe llevar a cabo.

Ecuación 9. Diámetro del agitador

$$D = 0.33 * D_{Tanque}$$

Fuente: CASTILLO, Vladimir. Diseño y cálculo de un agitador de fluidos. Trabajo de Grado Ingeniero Mecánico. Chile: Universidad del Bío- Bío. Facultad de ingeniería, 2013. p 29. [Citado el 22 de abril del 2019]. Disponible en:
http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Uribe_Vladimir.pdf

$$D = 0.33 * 56,52 \text{ cm} = 18,65 \text{ cm}$$

Según CASTILLO también es importante tener en cuenta la distancia que debe existir entre el fondo del tanque al agitador, hallado esto se calcula la longitud del agitador.

Ecuación 10. Distancia del fondo del tanque al agitador

$$E = 0.33 * D_{Tanque}$$

Fuente: CASTILLO, Vladimir. Diseño y cálculo de un agitador de fluidos. Trabajo de Grado Ingeniero Mecánico. Chile: Universidad del Bío- Bío. Facultad de ingeniería, 2013. p 29. [Citado el 22 de abril del 2019]. Disponible en:
http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Uribe_Vladimir.pdf

$$E = 0.33 * 56,52 \text{ cm} = 18,65 \text{ cm}$$

Calculado estos dos parámetros se procede a calcular la longitud con la siguiente ecuación.

Ecuación 11. Longitud del agitador

$$L = h_{Tanque} - E$$

Fuente: CASTILLO, Vladimir. Diseño y cálculo de un agitador de fluidos. Trabajo de Grado Ingeniero Mecánico. Chile: Universidad del Bío- Bío. Facultad de ingeniería, 2013. p 29. [Citado el 22 de abril del 2019]. Disponible en:
http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Uribe_Vladimir.pdf

$$L = 84,78 \text{ cm} - 18,65 \text{ cm} = 66,13 \text{ cm}$$

Para establecer la potencia necesaria para el agitador, para esto se debe calcular el número de Reynolds.

Ecuación 12. Numero de Reynolds

$$Re = \frac{N * (D_{agitador})^2 * \rho}{\mu}$$

Fuente: elaboración propia.

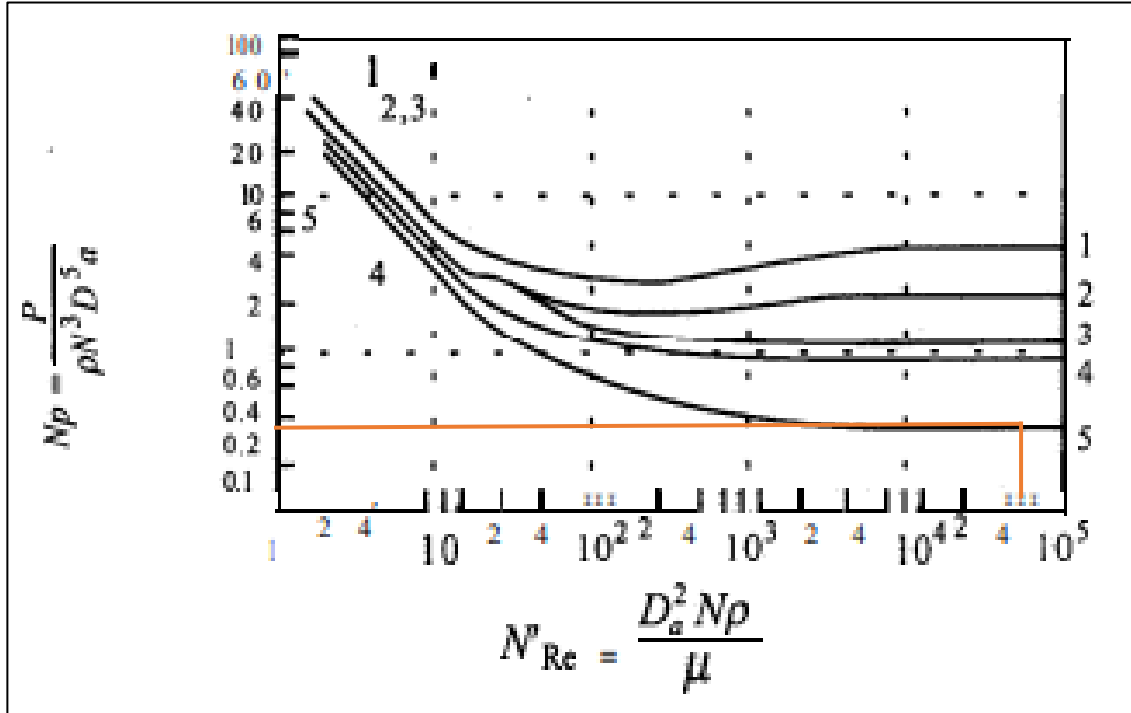
Donde N es la velocidad de rotación (rps), D_{agitador} es el diámetro del agitador, ρ es la densidad del agua a tratar y μ es la viscosidad del agua.

$$Re = \frac{2rps * (0,5652m)^2 * 1020 \text{ Kg}/m^3}{0,001003 \frac{\text{Kg}}{\text{m} * \text{s}}} = 649730,92$$

Con el Reynolds hallado según GEANKPLIS⁷² se puede sacar el valor de N_p que es el número de la potencia con el siguiente gráfico.

⁷² GEANKOPLIS, Christie. J. Procesos de transporte y operaciones unitarias. Tercera edición. Compañía editorial continental S.A de CV.Mexico.1998.P.165.

Figura 15. Numero de potencia.



Fuente: GEANKOPLIS, Christie. J. Procesos de transporte y operaciones unitarias. Tercera edición. Compañía editorial continental S.A de CV.Mexico.1998.P.165.

Con el número de potencia y el Reynolds se procede a calcular la potencia del agitador con la siguiente ecuación⁷³.

Ecuación 13. Potencia del agitador.

$$P = Np * N^3 * (D_{agitador})^5 * \rho$$

Fuente: elaboración propia

Donde:

P: Potencia del agitador

ρ : Densidad del agua a tratar

Np: Numero de potencia

N: Velocidad de rotación

Dagitador: Diámetro del agitador

$$P = 0,38 * (2rps)^3 * (0,1865m)^5 * 1020 \frac{Kg}{m^3} = 0,6996 W$$

⁷³ GEANKOPLIS, Christie. J. Procesos de transporte y operaciones unitarias. Tercera edición. Compañía editorial continental S.A de CV.Mexico.1998.P.165.

A continuación se observan las características del agitador que se necesita para el proceso de coagulación y floculación

Cuadro 39. Características del agitador

Parámetros	valor
Diámetro del agitador	0,1865 m
Longitud de agitador	0,6613 m
Potencia	0,6996 W
Velocidad	40-120 RPM

Fuente: elaboración propia.

Según ROMERO⁷⁴ se puede calcular el volumen del lodo generado en el proceso de coagulación y floculación, este lodo se genera de manera manual, por medio de un barrido

Disposición de lodos. Para calcular el volumen de lodos se utiliza la siguiente ecuación

Ecuación 14. Volumen de lodos

$$W = (S + 0,3 D)Q \times 10^3$$

Fuente: Elaboración propia

Donde

W: Kg de lodo

S: turbiedad del agua cruda

D: dosis de coagulante en mg/L

Q: Caudal de agua tratada m^3/h

Se calcula el volumen teniendo un caudal de $4,5 m^3/h$ con una dosificación de 1000 ppm.

$$W = \left(13,1NTU + 0,3 \left(\frac{1000mg}{L} \right) \right) 4,5 m^3/h \times 10^3 = 1,4089 Kg/h$$

Para las sales de aluminio tienen un contenido de sólidos de 2%, se puede calcular la masa diaria del lodo.

⁷⁴ ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Purificación del agua. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2000. p. 313-315.

Ecuación 15. Masa de lodo

$$ML = \frac{W}{0,02}$$

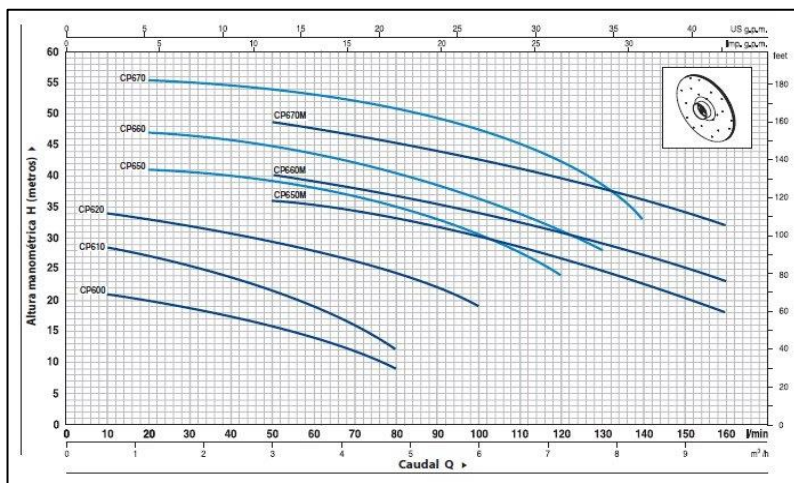
Fuente: Elaboración propia

Donde ML es la masa diaria del lodo y W es el volumen del lodo calculado anteriormente con la ecuación 14.

$$ML = \frac{1,4089 \text{ Kg/h}}{0,02} = 70,445 \text{ Kg/dia}$$

4.2.3 Bombas centrífugas. Para la alternativa se necesitan de dos bombas centrífugas la primera que permite trasladar el agua de las trampas de grasas hasta el tanque floculador y otra después de este tanque hasta el sistema de filtración, y sabiendo que la empresa ya cuenta con una bomba centrífuga PEDROLLO Cpm 620 monofásica que se usa para pasar el agua de trampas de grasa a filtros y el funcionamiento es bueno se contempla la otra bomba de la misma marca PEDROLLO pero diferente modelo Cpm 600 6201 ZZ, esta presenta una potencia menor y se eligió debido a que el paso de agua de trampas de grasa a tanque de coagulación-floculación tiene una altura de 0,8 m. Esta bomba cuenta con un potencia de 0,37 kW y maneja un caudal entre 0-80 L/min con un altura manométrica máxima de 11m.

Figura 16. Bomba PEDROLLO



Fuente: PEDROLLO. Colombia. Bomba centrífuga [Consulta 23 agosto 2019] disponible en https://www.pedrollo.com/public/allegati/CP%200.25-2.2%20kW_ES_60Hz.pdf

Figura 17. Características bomba centrífuga Pedrollo.

MODELO		POTENCIA (P ₂)		Q	H metros													
Monofásica	Trifásica	kW	HP		▲	0	0.6	1.2	2.4	3.6	4.8	5.4	6.0	6.6	7.2	7.8	9.0	9.6
					0	10	20	40	60	80	90	100	110	120	130	150	160	
CPm 600	CP 600	0.37	0.50	IE2	22	21	20	18	15	11								
CPm 610	CP 610	0.60	0.85		28.5	28	27	25	22	19	17							
CPm 620	CP 620	0.75	1		35	34	33	31	28.5	25.5	23.5	21						
CPm 650	CP 650	1.1	1.5		40	-	39	38	36	33.1	31.2	28.8	26					
CPm 660	CP 660	1.5	2	IE3	48	-	47.5	46	44	41	39.5	37.5	35	32				
CPm 670	CP 670	2.2	3		56	-	55.5	54.5	52.5	50	48.5	46.5	44	41.5	38			
CPm 650M	CP 650M	1.1	1.5		33	-	-	32	31	30	29	28	26.5	25	23	19		
CPm 660M	CP 660M	1.5	2		44	-	-	43	42	40	39	38	37	35.5	34	29.5	27	
CPm 670M	CP 670M	2.2	3	53	-	-	52	51	49.5	48.5	47.5	46.5	45	43.5	39	36		

Q – Caudal H – Altura manométrica total HS – Altura de aspiración Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.
 ▲ Clase de rendimiento del motor trifásico (IEC 60034-30-1)

Fuente: PEDROLLO. Colombia. Bomba centrífuga [Consulta 23 agosto 2019] disponible en https://www.pedrollo.com/public/allegati/CP%200.25-2.2%20kW_ES_60Hz.pdf

4.2.4 Tanques y bombas de dosificación. Para tratar 180 L se realiza el dimensionamiento de los tanques para la preparación del coagulante y el floculante se utilizan las ecuaciones 16, 17 y 18 para hallar el volumen, el diámetro y la altura de los tanques. Para el caso del coagulante se necesitan 3,6 L de agua para su preparación y para el floculante se necesitan 1,08 L.; se procede a calcular el volumen de ambos tanques con un factor de seguridad de 15%.

Ecuación 16. Volumen de tanques.

$$V_{\text{tanque coagulante}} = 3,6L + (3,6L * 0,15) = 4,14L$$

$$V_{\text{tanque floculante}} = 1,08 + (1,08L * 0,15) = 1,242L$$

Para el diámetro se utilizan los volúmenes calculados anteriormente para cada caso respectivamente y la ecuación 7.

Ecuación 17. Diámetro tanque de coagulación

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * 4,14 * 10^{-3} m^3}{1,5 * \pi}} = 0,152 m$$

Ecuación 18. Diámetro tanque de floculación

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 * 1,242 * 10^{-3} m^3}{1,5 * \pi}} = 0,101 m$$

Teniendo el diámetro de cada tanque se calcula la altura con la ecuación 19.

Ecuación 19. Altura tanques

$$h = 0,152 m * 1,5 = 0,228 m$$

$$h = 0,101 m * 1,5 = 0,151 m$$

Para concluir en el cuadro 40 se observa las dimensiones de los tanques halladas anteriormente.

Cuadro 40. Dimensiones de tanques para preparar coagulante-floculante

Parámetro	Tanque Coagulante	Tanque floculante
Volumen (L)	4,6	1,08
Diámetro(m)	0,152	0,101
Altura (m)	0,228	0,151

Fuente: elaboración propia

Para la alternativa seleccionada se necesitan de dos bombas dosificadoras una para el coagulante PAC y otra para el floculante el polímero catiónico. Bomba análoga con perilla de regulación manual para la frecuencia de dosificación (10-100%), tipo diafragma, con una alimentación eléctrica 100 a 240 VA a 60 Hz su referencia es INVIKTA 630 KCL639NV maneja un caudal máximo de 0,6 L/h con una presión de descarga de 7 bar. Tiene un flujo de 100 impulsos por minuto.

Figura 18. Bomba dosificadora



Fuente: DOSIQUIMICOS. SAS. Colombia. Bomba dosificadora [Consulta 23 agosto 2019] disponible en <http://www.dosiquimicos.com/solenoides.html>

4.2.5 Válvula de bola. Es un mecanismo que regula el flujo, para esta alternativa se necesitan dos válvulas, una para manipular el flujo que sale del tanque de igualación, para las columnas de intercambio iónico se necesitan 10 se observan en el Anexo P y la otra para la salida del tanque de coagulación-floculación. Se debe usar una válvula de 1" ya que la tubería disponible para este proceso en la empresa es de este diámetro.

Figura 19. Válvula de bola



Fuente: HOMECENTER. SAS. Colombia. Válvula bola PVC 1 roscada grival[Consulta 23 agosto 2019] disponible en <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/241538/Valvula-Bola-PVC-1-Roscada/241538>

4.2.6 Filtros. Seguido del proceso de coagulación-floculación se encuentran los filtros. A continuación se calcula el número de filtros necesarios teniendo en cuenta el caudal manejado con la ecuación 20.

Ecuación 20. Número de filtros.

$$n = 0,044\sqrt{Q}$$

Fuente: VILLEGAS, María paulina. Purificación de aguas. Trabajo de grado. Escuela colombiana de ingeniería. Ingeniería ambiental.2007. p.99

Donde:

n: número de filtros
Q: caudal en m^3/dia

$$n = 0,044\sqrt{108 \text{ m}^3/\text{dia}} = 0,4572 \approx 1 \text{ filtro}$$

Para un caudal de $4,5 \text{ m}^3/\text{h}$ se necesita un filtro de polipropileno y un filtro de bloque de carbón.

4.2.7 Carcasas de Intercambio iónico. Finalizado el proceso de filtración se procede a las columnas de resinas de intercambio iónico. En esta etapa el objetivo principal es disminuir la conductividad eléctrica de la muestra. Para obtener las dimensiones de estas columnas se tendrán en cuenta la ficha técnica de las resinas seleccionadas encontradas en el Anexo F. Lo primero que se calcula es el volumen del lecho de la resina por la ecuación 21.

Ecuación 21. Volumen lecho de la resina catiónica

$$SFR = \frac{Q}{V_R}$$

Fuente: FRANCO, Daniela Andrea. Propuesta para la reutilización de aguas residuales del proceso de recubrimientos electrolíticos de la empresa zintepec Ltda. Universidad de américa. Bogotá. 2018. p.84

Donde

SFR: Tasa de flujo de servicio de la resina

Q: Caudal m^3/h

V_R : Volumen de lecho de la resina

$$V_R = \frac{4,5\text{m}^3/\text{h}}{25 \frac{\text{m}^3\text{agua}}{\text{m}^3\text{resina} * \text{h}}} = 0,18 \text{ m}^3$$

Para este volumen se calcula el nuevo volumen teniendo en cuenta el factor de seguridad usados en casos anteriores de 15 % en la ecuación 6.

$$V_{\text{resina}} = 0,18 + (0,18 * 0,15) = 0.207\text{m}^3$$

Con el volumen real de la resina se calcula el área de paso de la columna con la ecuación 22.

Ecuación 22. Área de paso de la columna

$$Ac = \frac{V_R}{h}$$

Fuente: FRANCO, Daniela Andrea. Propuesta para la reutilización de aguas residuales del proceso de recubrimientos electrolíticos de la empresa zintepec Ltda. Universidad de américa. Bogotá. 2018. p.84

Donde h es la altura del lecho y V_R es el volumen de la resina calculado anteriormente.

$$Ac = \frac{0,207m^3}{0,8m} = 0,258m^2$$

Para halla el diámetro de la columna de intercambio iónico para resina catiónica se utiliza la siguiente ecuación.

Ecuación 23. Diámetro de la columna

$$D = \sqrt{\frac{Ac * 4}{\pi}}$$

Fuente: FRANCO, Daniela Andrea. Propuesta para la reutilización de aguas residuales del proceso de recubrimientos electrolíticos de la empresa zintepec Ltda. Universidad de américa. Bogotá. 2018. p.84

Remplazando los valores en la ecuación 23

$$D = \sqrt{\frac{0,258 * 4}{\pi}} = 0,57m$$

El diámetro de la columna de intercambio iónico con resina catiónica es de 0,57m; se hace el mismo proceso para la resina de intercambio Aniónica teniendo en cuenta que SFR de la resina M800 0H es $40 \frac{m^3 agua}{m^3 resina * h}$, se maneja el mismo caudal y este tipo de resina manera una altura de 0,8 m.

$$V_{resina} = 0,13 \text{ m}^3$$

$$A_c = 0,16 \text{ m}^2$$

$$D = 0,45 \text{ m}$$

4.2.7.1 Regeneración de resinas. Para este proceso se tiene en cuenta el trabajo de grado de AGAMEZ⁷⁵. Para regenerar las resinas se debe considerar el caudal de estas, la velocidad de regeneración, el volumen de la solución y la masa de agua para preparar la solución.

- Caudal del regenerante: Es el flujo de cloruro de sodio necesario para regenerar la resina catiónica y el flujo de hidróxido de sodio para regenerar la resina aniónica.

Ecuación 24. Caudal del regenerante.

$$Q_{reg} = RFR * V_{resina}$$

Fuente: AGAMEZ, Carlos Ignacio. Diseño de un sistema de intercambio catiónico de lecho fijo para la potabilización de agua en el corregimiento de malagana (bolívar). Universidad de san Buenaventura. Facultad de ingeniería. Ingeniería química. Cartagena de indias.2014.p 79.

Donde RFR es la tasa de flujo de regeneración y V_{resina} es el volumen calculado anteriormente. Para la resina catiónicas utiliza $RFR=3 \text{ m}^3 \text{ reg} / \text{ m}^3 \text{ resina. h}$ y la resina aniónica tiene un $RFR= 2 \text{ m}^3 \text{ reg} / \text{ m}^3 \text{ resina. h}$.

Caudal regenerante para resina Lewatit Monoplus S108 H

$$Q_{reg} = 3 \frac{\text{m}^3 \text{ reg}}{\text{m}^3 \text{ resina. h}} * 0,207 \text{ m}^3 = 0,621 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Caudal regenerante para resina Lewatit Monoplus M800 OH

$$Q_{reg} = 2 \frac{\text{m}^3 \text{ reg}}{\text{m}^3 \text{ resina. h}} * 0,13 \text{ m}^3 = 0,261 \text{ m}^3 / \text{h}$$

⁷⁵ AGAMEZ, Carlos Ignacio. diseño de un sistema de intercambio catiónico de lecho fijo para la potabilización de agua en el corregimiento de malagana (bolívar). universidad de san Buenaventura. Facultad de ingeniería. Programa de ingeniería química. Cartagena de indias.2014.p 78-80.

- Velocidad de regeneración: Se calcula por la siguiente ecuación

Ecuación 25. Velocidad de regeneración.

$$V_{reg} = \frac{Q_{reg}}{A_c}$$

Fuente: AGAMEZ, Carlos Ignacio. Diseño de un sistema de intercambio catiónico de lecho fijo para la potabilización de agua en el corregimiento de malagana (bolívar). Universidad de san Buenaventura. Facultad de ingeniería. Programa de ingeniería química. Cartagena de indias.2014.p 79.

Volumen regenerante para resina Lewatit Monoplus S108 H

$$V_{reg} = \frac{0,621 \text{ m}^3/h}{0,258 \text{ m}^2} = 2,40 \text{ m/h}$$

Volumen regenerante para resina Lewatit Monoplus M800 OH

$$V_{reg} = \frac{0,261 \text{ m}^3/h}{0,16 \text{ m}^3} = 1,63 \text{ m/h}$$

- Volumen de la solución del regenerante: es la cantidad necesaria de regenerante para las resinas, también se considera el volumen de la resina. Se calcula por la ecuación 26.

Ecuación 26. Masa del regenerante.

$$M_{reg} = C_{reg} * V_{resina}$$

Fuente: elaboración propia en base a: AGAMEZ, Carlos Ignacio. Diseño de un sistema de intercambio catiónico de lecho fijo para la potabilización de agua en el corregimiento de malagana (bolívar). Universidad de san Buenaventura. Facultad de ingeniería. Programa de ingeniería química. Cartagena de indias.2014.p 79.

Donde C_{reg} es la cantidad de regenerante que para el caso de la resina catiónica se utilizan 200 g/l de NaCl y para la resina aniónica se usa 100 g/l de NaOH.

Masa de regenerante para resina Lewatit Monoplus S108 H

$$M_{reg} = 200 \frac{kg}{m^3} * 0,207m^3 = 41.4 Kg$$

Masa de regenerante para resina Lewatit Monoplus M800 OH

$$M_{reg} = 100 \frac{kg}{m^3} * 0,13m^3 = 13 Kg$$

En las fichas técnicas de las resinas se especifica las concentraciones de los regenerantes, para el caso de la resina Lewatit Monoplus M800 OH se utiliza el NaOH al 10% y para la resina Lewatit Monoplus S108 H se utiliza el NaCl con una concentración de 10%. Con estos dato es posible calcula la masa de agua necesaria para preparar la solución.

Ecuación 27. Masa del agua para la solución.

$$\% \text{ CONCENTRACION} = \left(\frac{Kg \text{ soluto}}{Kg \text{ soluto} + Kg \text{ agua}} \right) * 100$$

Fuente: elaboración propia en base a: AGAMEZ, Carlos Ignacio. Diseño de un sistema de intercambio catiónico de lecho fijo para la potabilización de agua en el corregimiento de malagana (bolívar). Universidad de san Buenaventura. Facultad de ingeniería. Programa de ingeniería química. Cartagena de indias.2014.p 80.

Masa de agua para resina LEWATIT Monoplus S108 H

$$Masa \text{ de agua} = 41.4 * \left(\frac{100}{10} \right) - 41.4 = 372,6 Kg$$

Masa de agua para resina LEWATIT Monoplus M800 OH

$$Masa \text{ de agua} = 13 * \left(\frac{100}{10} \right) - 13 = 117 Kg$$

La masa de la solución se calcula sumando la masa de agua y la masa del regenerante para ambos casos.

$$Masa \text{ de la solución resina cationica} = 372,6 Kg + 41,4 Kg = 414 Kg$$

$$Masa \text{ de la solución resina anionica} = 117 Kg + 13 Kg = 130 Kg$$

Con la masa de la solución para regenerar cada resina se puede calcular el volumen de está teniendo la densidad en las fichas técnicas de cada resina:

$$\text{volumen solución reg catiónica} = \frac{414 \text{ Kg}}{790 \text{ kg/m}^3} = 0,57 \text{ m}^3$$

$$\text{volumen solución reg aniónica} = \frac{130 \text{ Kg}}{680 \text{ kg/m}^3} = 0,19 \text{ m}^3$$

Teniendo en cuenta que el caudal es igual al volumen sobre tiempo se puede despejar el tiempo y así se obtendría el tiempo de regeneración de cada resina.

Ecuación 28. Caudal

$$Q = \frac{V}{t}$$

Fuente: Elaboración propia

Entonces:

$$t = \frac{V_{reg}}{Q_{reg}}$$

Reemplazando para cada resina usada en el proceso,

$$t_{cat} = \frac{0,57 \text{ m}^3}{0,621 \text{ m}^3/h} = 0,91 \text{ h} = 55 \text{ min}$$

$$t_{ani} = \frac{0,19 \text{ m}^3}{0,261 \text{ m}^3/h} = 0,72 \text{ h} = 43 \text{ min}$$

- Lavado: En la ficha técnica se encuentra el volumen usado de agua para lavar la resina con el regenerante en cada caso. El agua que se debe usar para el lavado de la resina es tratada para evitar impurezas en la resina.

Ecuación 29. Volumen de agua para enjuagar la resina.

$$V_{ae} = V_a * V_{resina}$$

Fuente: elaboración propia en base a: AGAMEZ, Carlos Ignacio. Diseño de un sistema de intercambio catiónico de lecho fijo para la potabilización de agua en el corregimiento de malagana (bolívar). Universidad de san Buenaventura. Facultad de ingeniería. Programa de ingeniería química. Cartagena de indias.2014.p 80.

Donde V_{ae} es el volumen de agua de enjuague, V_a es el volumen que aparece en la ficha técnica y V_r el volumen de la resina.

Para la resina LEWATIT Monoplus S108 H

$$V_{ae} = 6 \frac{m^3 \text{ de agua}}{m^3 \text{ de resina}} * 0,207 m^3 = 1,242 m^3$$

Para resina LEWATIT Monoplus M800 OH

$$V_{ae} = 2 \frac{m^3 \text{ de agua}}{m^3 \text{ de resina}} * 0,13 m^3 = 0,26 m^3$$

En conclusión en la tabla 26 se encuentran todos los valores calculados anteriormente.

Tabla 26. Especificaciones para cada columna.

Especificación	Columna con resina catiónica LEWATIT Monoplus S108 H	Columna con resina Aniónica MonoPlus M800 OH
Volumen de resina (m^3)	0,207	0,13
Área de paso de columna (m^2)	0,258	0,16
Diámetro de la columna (m)	0,57	0,45
Caudal de regenerante (m^3/h)	0,621	0,261
Velocidad de regeneración (m^3/h)	2,40	1,64
Masa de regenerante Kg	41,4	13
Masa de agua para preparar la solución (Kg)	372,6	117
Masa total de la solución (Kg)	414	130
Volumen de solución regenerante (m^3)	0,57	0,19
Tiempo de regeneración (min)	55	43
Volumen de agua de enjuague (m^3)	1,242	0,26

Fuente: elaboración propia

5. EVALUACION FINANCIERA DE LA PROPUESTA

Para completar la alternativa y finalizar con todos los objetivos propuestos se realiza una evaluación financiera la cual incluye costos de inversión, costos de operación y un análisis beneficio/costo.

Anteriormente se recogía el agua residual y se pagaba a una empresa externa para darle el debido tratamiento y poder verterla.

5.1 COSTOS DE INVERSIÓN

Los costos de inversión son los costos generados por la compra de equipos para las etapas propuestas en la alternativa seleccionada; donde se tiene en cuenta instalación y operación de los mismos. Para estimar los costos de inversión se tiene en cuenta el dimensionamiento de equipos hecho en el capítulo 4. La cotización de los equipos se encuentra en el Anexo O. Para los tanques y algunos accesorios se consultó la página de HOMECENTER⁷⁶.

Tabla 27. Costo de equipos

Nombre	Cantidad	Precio unitario COP	Valor total COP
Tanque de igualamiento (500 L)	1	135.900	135.900
Tanque de coagulación-floculación (250 L)	1	116.900	116.900
Tanque preparación floculante (5L)	1	5.250	5.250
Tanque preparación coagulante (10 L)	1	14.400	14.400
Agitador mecánico portátil	1	3.742.500	3.742.500
Columnas para resinas de intercambio iónico	2	1.000.000	2.000.000
Bomba centrífuga	1	344.900	344.900
Bomba dosificadora	2	140.336	280.671
Válvulas de bola	11	12.265	134.915
		Total antes de IVA	6.775.436
		IVA 19%	8.062.769
		Total	8.062.769

Fuente: elaboración propia

En la tabla 27 se evidencia la inversión inicial en cuanto a los equipos necesarios para implementar la alternativa que es de 8.062.769 COP.

⁷⁶ HOMECENTER Colombia. [Consulta 23 agosto 2019]. Disponible en: <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/>.

5.2 COSTOS DE OPERACIÓN

Para calcular los costos se tienen en cuenta las cantidades de insumos (reactivos o materias primas), costos de mantenimiento, costos de consumo de energía eléctrica y costos de agua.

Para los costos de operación se analizó la llegada de serafines mensualmente en lo que lleva del año 2019, este registro se observa en el Anexo L. Se eligió la peor situación es decir el mes con más llegada de serafines, este fue el mes de febrero con 18 serafines de 5 Gal. Siendo así se calcula que por mes se realizaran 9 tratamientos es decir 3 tratamientos por semana. Sabiendo que la empresa presta el servicio de calibración los 12 meses del año se concluye que:

$$\text{Valor anual} = 9 \text{ tratamientos} * 12 \text{ meses} * \text{valor de proceso}$$

5.2.1 Insumos. Se calcularon las cantidades necesarias para el proceso seleccionado y se muestran en la tabla 28.

Tabla 28. Costo de insumos

Insumo	Valor unitario COP	Cantidad de materia prima	Valor por proceso COP	Valor mensual COP	Valor Anual COP
Polícloruro de aluminio (L)	2000	0,18	360	3240	38.880
Polímero catiónico(Kg)	35.000	0,00108	37,8	340,2	4.082,4
Cal hidratada (Kg)	1.525	0,002304	3,51	31,59	379,08
Cartucho de polipropileno	18.000	-	-	-	72.000
Cartucho de bloque de carbón	18.000	-	-	-	72.000

Tabla 28 (Continuación)

Insumo	Valor unitario COP	Cantidad de materia prima	Valor por proceso COP	Valor mensual COP	Valor Anual COP
RII Catiónica(L)	18000+ IVA	207	-	-	3.729.420
RII Aniónica(L)	42.200+ IVA	130	-	-	6.528.340
NaCl (Kg)	5.000	41,4	207.000	-	414000
NaOH (Kg)	5.000	13	65.000	-	130000
TOTAL					12.532.196

Fuente: elaboración propia.

5.2.2 Costo de la energía. En el proceso seleccionado se tienen equipos que requieren de energía para su funcionamiento, se necesitan 2 bombas centrífugas (de 0,37 y 0,75 kW respectivamente) y 2 bombas dosificadoras con un consumo de energía de 0,24 kW, también se necesita de un agitador para el proceso de coagulación-floculación de 0,44 kW. Estos equipos generan un gasto adicional en la empresa. Teniendo en cuenta un recibo del mes de septiembre del 2019 el costo de la energía es de 515,50 COP/kWh. En la tabla 29 se muestran los costos de energía por cada equipo.

Tabla 29. Costos de energía

Equipo	Potencia Kw	Tiempo de trabajo (h)	Costo de energía (COP/kWh)	Costo total energía (COP)	Valor anual (COP)
Bomba dosificadora 1	0,24	1	515,50	123,72	13.362
Bomba dosificadora 2	0,24	1	515,50	123,72	13.362
Bomba centrífuga 1	0,37	1	515,50	190,73	20.599
Bomba centrífuga 2	0,75	1	515,50	386,62	41.755
Agitador portátil	0,6996	1	515,50	360,64	38.949
TOTAL					138.981

Fuente: elaboración propia

5.2.3 Costo del agua. En esta sección se evalúa el valor del agua usada en el proceso de preparación de las soluciones.

Tabla 30.Costo de agua

Agua	Costo de agua (COP\$/L)	Cantidad de agua (L)	Valor por proceso (COP)	Valor mensual (COP)	Valor anual (COP)
Agua para solución	6,8	4,68	31,82	726,12	3.436,56
TOTAL					3.436,56

Fuente: elaboración propia

El costo total de operación se recopila a continuación en la tabla 31:

Tabla 31. Costos totales de operación

Costos	Valor COP
Insumos	12.532.196
Energía	138.981
Agua	3.436
TOTAL	12.674.613

Fuente: elaboración propia

5.3 COSTOS TOTALES

Los costos totales para llevar a cabo la propuesta es la suma de los costos de inversión y operación, siendo así el costo total de la propuesta es de 20.737.382 COP, este valor cubre el primer año ya que realiza la inversión en los equipos, también cabe resaltar que este análisis de costos se hizo con la peor situación presentada en la empresa, es decir con la mayor cantidad de calibraciones, los siguientes años solo se pagaran los costos de operación pero debido a que es un proceso a nivel laboratorio estos costos son pequeños.

5.4 BENEFICIOS

La empresa COLMETRIK SAS actualmente contrata una empresa externa para la disposición y tratamiento del agua residual producto de las calibraciones, esta es la empresa ECOLOGIA Y ENTORNO SAS (ECOENTORNO) que está avalada por el departamento administrativo del medio ambiente – DAMA. Asumiendo el peor de los casos que son 18 serafines que producen 90 L por calibración se generan aproximadamente 1682,4 Kg de agua residual, el costo que maneja ECOENTORNO es de 1100 COP por Kg de agua residual, sabiendo

esto el precio mensual es de 1.850.640 COP y anualmente se pagarían 22.207.680 COP.

NOTA: Este valor es para 18 calibraciones cabe aclarar que la llegada de serafines no es de forma periódica y que si en el mes hay menor número de calibración este valor final varía. Adicionalmente se calcula el valor para el mes en el que menor número de serafines ha llegado a la empresa, son 6 serafines que generan 540 L, que equivale a 550.8 Kg, el valor mensual sería 594.000 COP.

Con este análisis se concluye que el costo de operación equivale al 61,97% del costo total a pagar anualmente a ECOENTORNO, ahorrando 9.533.067 COP. Se calcula la relación B/C teniendo en cuenta el valor ahorrado y los costos totales de la propuesta.

Ecuación 30. Relación B/C

$$R \frac{B}{C} = \frac{BENEFICIOS NETOS}{VALOR DE EGRESOS TOTALES}$$

Fuente: Elaboración propia

$R \frac{B}{C} > 1$ Se acepta la propuesta

$R \frac{B}{C} < 1$ Se rechaza la propuesta

$$R \frac{B}{C} = \frac{9.533.067}{12.674.613} = 0,75$$

Teniendo en cuenta el análisis de relación beneficio costo se observa que se rechaza la propuesta planteada ya que da menor a 1, aunque se genera un ahorro con respecto a la alternativa que actualmente usa la empresa no supera los egresos que se generan al momento de montar la alternativa presentada en este proyecto.

5.4.1 Beneficios ambientales. La empresa COLMETRIK SAS al realizar un proceso de reutilización de agua genera ahorros debido a que disminuye la tasa retributiva por contaminación y no corre el riesgo de pagar multas por incumplimiento de normas.

Dicho lo anterior la tasa retributiva para el año 2020 para DBO es de 135,2 (\$/kg) y para SST es de 56,70 (\$/kg); claro lo anterior se calcula la TR teniendo en cuenta los datos analizados antes de aplicar la alternativa al proceso se tenía un DBO de 708 mgO₂/L y 133 mg/L de SST, si en este proceso asumiendo las peores condiciones se gastan 19440 L al año de recurso hídrico, la tasa retributiva para el DBO es \$1.860 y para SST es de \$146,599.

Sabiendo que el agua utilizada en este proceso son cantidades pequeñas. Al reutilizarla se estaría ahorrando \$2.006 al mes lo que indica que anualmente se estaría ahorrando \$24000.

También se generan beneficios ya que el agua que se produce en esta alternativa planteada no se vierte alcantarillado y contamina las fuentes hídricas, no se causa daño ambiental y se libera de sanciones ambientales por faltar a la resolución 0631 del 2015.

6. CONCLUSIONES

- Se analizó el agua residual del proceso de calibración de equipos volumétricos y se determinó que el volumen que genera el proceso son 20 Gal dando un total de agua para reutilizar de 17,6 Gal, se realizó una caracterización a una muestra salida del serafín (punto inicial) la cual presentó un pH de 6,4, 60,7 $\mu\text{s}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica, 708 mgO_2/L de DBO_5 y 133 mg/L de sólidos suspendidos totales, también se tomó una muestra al final del tratamiento que se le está dando actualmente al agua residual en COLMETRIK SAS. La cuál presentó un pH de 4,5, 172,57 $\mu\text{s}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica, 37 mgO_2/L de DBO_5 y 6 mg/L de sólidos suspendidos; con este diagnóstico se concluyó que el agua no está en condiciones óptimas para su reutilización en los procesos de calibración y que el tratamiento que se está haciendo actualmente en la empresa no es efectivo ya que estos valores sobrepasan los límites permitidos por la Norma ISO 3696:2004 para el agua grado 3 , que es el agua que se establece para estos procesos.
- Se identificó cuál era el parámetro más alejado de los límites máximos presentados por la Norma y se establecieron los factores que afectaban la conductividad eléctrica lo que conllevó a realizar un diagnóstico más profundo al agua residual, donde se analizaron metales e iones; esto mostró que el agua posee el metal aluminio con un valor mayor a lo que establece la resolución 1207 de 2014 para el re uso de agua en procesos industriales que se utilizó como soporte para comparar este parámetro.
- Se plantearon 3 alternativas teniendo en cuenta ventajas y desventajas y características principales con el fin de seleccionar la propuesta más efectiva para realizar el proceso de reúso del agua en la calibración del serafín. Para elegir la alternativa se evaluó por medio de una matriz de selección con 6 parámetros costos de materiales y equipos, mantenimiento, área requerido, factibilidad, tiempo de implementación y personal. Se seleccionó la alternativa 3 que posee una etapa de homogenización, coagulación, floculación, filtración y resinas de intercambio iónico y que obtuvo un puntaje de 2,25/3 con respecto a las otras 2 alternativas. Esta alternativa obtuvo mayor puntaje en costos de materiales y equipos y en cuanto al personal necesario para llevar a cabo esta.
- En el desarrollo experimental se seleccionó y estableció la cantidad de Cal, el coagulante y floculante con su dosificación respectiva y se concluyó que el porcentaje de remoción en CF para la turbidez es de 95,64%; con estos datos se determinó la cantidad necesaria de estos reactivos para tratar 180 L de agua residual: 2.304 g de Cal hidratada, 180 g de PAC y 1.08 g de polímero catiónico. También se evaluaron los filtros seleccionados (fibra de

polipropileno y bloque de carbón activo (matrix)) teniendo en cuenta la remoción de aluminio que disminuyó a un valor de <0,2 mg/L, la conductividad eléctrica que dio 50,5 $\mu\text{s}/\text{cm}$, los sólidos suspendidos totales <2 mg/L y la turbiedad que paso de 0,57 a 0,36NTU y para finalizar la parte experimental se seleccionó las resinas LEWATIT MonoPlus S108 H y LEWATIT MonoPlus M800 OH, por una matriz de selección con 5 criterios factibilidad, costos, agente regenerante, tiempo de vida útil y capacidad de intercambio.

- El agua tratada en los laboratorios obtuvo los siguiente valores, un pH de 5,24, 0,8 $\mu\text{s}/\text{cm}$ de conductividad eléctrica un porcentaje de remoción del 98,68%, sólidos suspendidos totales <0,2 mg/L y DBO_5 <0,2 mg/L. Los 4 parámetros exigidos por la norma ISO 3696:2004 están por debajo del límite máximo. Sin embargo al comparar BTX`s <0,01 compuestos que contiene la gasolina y el ACPM con la resolución 1207 de 2014 que es la que se encarga de dar un uso al agua residual tratada en la industria no cumple para procesos de intercambio de calor y limpieza mecánica de vías, pero para otros tipos de procesos no aplica, con respecto al aluminio si cumple estando con un valor por debajo de 0,2.
- Para las especificaciones técnica se tuvo en cuenta los equipos presentes en la empresa para tratamientos de aguas (trampas de grasas, carcasas para cartuchos (filtros), bomba centrífuga y tanque de almacenamiento de 2000 L).Se manejó un caudal de 4,5 m^3/h , un tiempo de 1 hora para las trampas de grasas, y 2 para el proceso de aglomeración de las partículas suspendidas en el agua. Se seleccionaron diferentes equipos para llevar a cabo la propuesta un tanque inicial (homogenización) de 500 L, un tanque para el proceso de coagulación-floculación de 250 L con un agitador portátil de hélice con pinza de anclaje al tanque con un variador de frecuencia, una segunda bomba centrífuga de 0,50 HP, 11 válvulas de tipo bola, 2 cartuchos de 10" y 2,5" de diámetro uno de fibra de polipropileno y matrix y dos columnas para las resinas de intercambio iónico.
- Se concluye que este proyecto genera beneficios económicos para COLMETRK SAS ya que se ahorra 38,03 % anualmente. La propuesta tiene una inversión de 9.533.067 COP y el costo total de operación es de 12.674.613 COP.

7. RECOMENDACIONES

- Se recomienda manejar el mismo volumen 180 L en el tanque de coagulación- floculación para evitar errores de dosificación de los reactivos
- Realizar el mantenimiento respectivo a las bombas y agitador con el fin de evitar atascos o incrustaciones que afecten el caudal del proceso.
- Realizar análisis mínimo cada tres meses al agua a la salir de los equipos de filtración y del intercambiador iónico con el fin de mantener el agua con la menor cantidad de contaminantes posibles.
- Realizar inducción y capacitación al operario encargado de este proceso para que cumpla con todos los pasó a paso y evite errores.
- Para volúmenes de agua residual mayores provenientes de serafines de tamaño más grande se recomienda revisar las dosificaciones con el fin de saber si son efectivas en estos recipientes volumétricos debido a que se desconoce la procedencia de estos tanques y los contaminantes que vienen con ellos.

BIBLIOGRAFIA

AGAMEZ, Carlos Ignacio. Diseño de un sistema de intercambio catiónico de lecho fijo para la potabilización de agua en el corregimiento de malagana (bolívar). Universidad de san Buenaventura. Facultad de ingeniería. Programa de ingeniería química. Cartagena de indias.2014.p 79-80.

AGUACTEC.SAS. Equipos desionizadores.[En línea] [Consultado: 10 de junio de 2019]. Disponible en internet: <https://www.aguatec.com.co/images/stories/fichas_tec/Equipo%20Desionizador.pdf> Medellín-Colombia.

ALZATE, SOTAQUIRA. Propuesta para el aprovechamiento del agua residual generada en la planta de tratamiento de c.i SIGRA s.a. Fundación universidad de América. Programa de ingeniería química. Bogotá D.C.2018

AMOROS. Diálisis y ultrafiltración. Bioquímica V Et 3ra edcicion.2013 [en línea] (consultado 8 de mayo del 2019). Disponible en internet: <<http://ufq.unq.edu.ar/Docencia-Virtual/BQblog/Dialisis%20y%20ultrafiltracion.pdf>>

APTEL, P., BUCKLEY, C. Tipos de Operaciones de Membranas. Tratamiento del agua por procesos de membrana. Principios, procesos y aplicaciones. American Water Works Association Research Fundation. McGrawHill. Madrid, 1998, p. 13-39

AVILA, Iván Ricardo, MORENO, Mario Arturo. Diseño, propuesta e implementación de un filtro para tratamiento de aguas de uso doméstico en tanques de reserva en la población del casco urbano de la inspección de san Antonio de anapoima. Facultad de ingeniería. Especialización en gerencia ambiental. Bogotá. Junio 2016

BLUE GOLD, Ingeniería y soluciones en tratamientos de aguas. Ficha técnica de pastillas de cloro.PDF. Nov 1.2018

CASTILLO, Vladimir. Diseño y cálculo de un agitador de fluidos. Trabajo de Grado Ingeniero Mecánico. Chile: Universidad del Bío- Bío. Facultad de ingeniería, 2013. p 29. [Citado el 22 de abril del 2019]. Disponible en: <http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Uribe_Vladimir.pdf>

CENTA. Manual de depuración de aguas residuales urbanas. Alianza por el agua.2008

CIDI.Grupo de Investigadores Ambientales. Reusó de Aguas Industriales. Intercambio iónico. Junio 1999. p 20-27.

CIFUENTES. Tecnologías de membrana. Electrodiálisis. Físicoquímica metalúrgica. Semestre primavera. 13 octubre 2014

COLEMPAQUES. Manual técnico. Trampas para grasas.2018 [en línea] (consultado 8 de mayo del 2019) disponible en internet: <<https://www.colempaques.com/tratamiento-de-aguas-residuales> >

COLOMBIA.MINISTERIO DE PROTECCION SOCIAL, ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Resolución 2115. 22 de junio del 2007.

CONSULTORA DE AGUAS. Lechos mixtos. [En línea] [Consultado 20 de julio] Disponible en línea: <http://www.cdaguas.com.ar/pdf/aguas/13_Que_es_un_lecho_mixto.pdf>

DIEZ, Sergi. Estudio, desarrollo y caracterización de resinas quelantes de iones metálicos. Universidad autónoma de Barcelona. Departamento de química.1994. Pág. 16,20-22.

DISEÑOS Y SOLUCIONES SOSTENIBLES DSS.S.A-Ósmosis inversa. Ingeniería para un desarrollo sostenible. 2012

DOSIQUIMICOS. SAS. Colombia. Bomba dosificadora [Consulta 23 agosto 2019] disponible en <<http://www.dosiquimicos.com/solenoides.html>>

ELECTRODESIONIZACIÓN. Condorchem envitech.smart ideas for wastewater & air treatment. [En línea] [Consultado 03 de agosto del 2019] disponible en: <<https://condorchem.com/es/electrodesionización/>>

ENCICLOPEDIA DEL MEDIO AMBIENTE.Determinación de residuo seco. Carretera de la Coruña, km 23.200, edificio las rozas 23 28230 las rozas.

ENRIQUEFREYRE SAC. Medidores volumétricos patrón de acero inoxidable. [En línea] [Consultado 20 de julio] Disponible en línea: <<http://www.efreyre.com/products/medidores-volumetricos-patron-de-acero-inoxidable-segun-norma-nist>>

ETERNIT [En línea] consultado 15 de julio del 2019 disponible en:<<https://www.etsnit.com.co/documents/32456/170778/FICHA+TECNICA+TANQUES+PLASTICOS.pdf/7ce436b6-e3ca-4580-8368-9c26dbab10ac>>

FILTROS COMERCIALES. Plantas purificadoras de agua. Guadalajara-México.2000-2019 [en línea] [Consultado: 10 de junio de 2019]. Disponible en internet: <<http://www.plantaspurificadorasdeagua.net/tipos-cartuchos.php> >

FILTROS AYZ. Filtros de agua para sedimentos. [En línea] [Consultado 10 de agosto 2019] <<https://www.filtrosayz.com/productos/filtros-de-agua/>> Bogotá-Colombia.

FORIGUA, Margarita maría. Desarrollo de una propuesta de mejoramiento para el tratamiento de aguas residuales de la planta de nitrato de amonio en fertilizantes colombianos ferticol s.a. BOGOTÁ D.C. Fundación universidad de américa, 2016 no.1., p. 63.

FRANCO, Daniela Andrea. Propuesta para la reutilización de aguas residuales del proceso de recubrimientos electrolíticos de la empresa zintepec Ltda. Universidad de américa. Bogotá. 2018. p.75, 84.

GARCIA, Felipe Alejandro. Combinación de electrodiálisis, intercambiador iónico y ósmosis inversa para la desnitrificación de aguas potencialmente potables. Trabajo de grado. Santiago de Querétaro- México. 2 de abril del 2009

GEANKOPLIS, Christie. J. Procesos de transporte y operaciones unitarias. Tercera edición. Compañía editorial continental S.A de CV.Mexico.1998.P.165, 313-315.

GONZALES DE PRADO, Alberto. Diseño de una unidad de proceso para el tratamiento superficial (cromado y niquelado) de piezas de acero para automoción. Universidad de Cádiz. Facultad de ingeniería química. Ciencias. Junio 2012. Pag 41-42

GUZMAN, VILLABONA, TEJADA Y GARCIA. Reduction of water turbidity using natural coagulants.

HERNANDEZ, Ana María.IDEAM. Sólidos suspendidos totales en agua secados a 103 – 105°C. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>

HERNÁNDEZ, HERNÁNDEZ, GALÁN. Pretratamiento de aguas residuales. Universidad de salamanca. España 2010

HOME CENTER. SAS. Colombia. Válvula bola PVC 1 roscada grival [Consulta 23 agosto 2019] disponible en <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/241538/Valvula-Bola-PVC-1-Roscada/241538>

HOME CENTER Colombia. [Consulta 23 agosto 2019]. Disponible en: <https://www.homecenter.com.co/homecenter-co/>.

IDEAM. Turbiedad por nefelometría en el equipo turbiquant 3000 Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales .Programa de fisicoquímica ambiental. Versión 1 Bogotá-Colombia 15 de junio del 2007.

IGME .Nuevas tecnologías para el saneamiento, depuración y reutilización de las aguas residuales en la provincia de alicante. Madrid-España 1995
ISA. Ingeniera y servicios ambientales. Trampas de grasas. Quito –Ecuador 2015.

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

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES EN METROLOGÍA. Agua para uso en laboratorios. Agua grado 3. Ciudad de La Habana, Cuba

INTELLIWATER. Filtración PENTEK. [En línea] [Consultado 10 de agosto 2019] <<http://intelliwater.com.co/contactenos/>> Cali – Colombia.

INTERCAMBIO IÓNICO. Capítulo 3. [En línea] [Consultado 20 de julio] Disponible en línea: <<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/22193/Capitulo3.pdf>>

JOURNAL OF TECHNOLOGY. Revista de Tecnología• Volumen 7, No. 2, Julio-Diciembre 2008 • ISSN1692-1399 • P. 21-28

JAUME, Arturo. Reutilización de aguas residuales. Master en aguas residuales.Ed. Publicacions Universitat, Spain. 2016

LENNTECH. Electrodesionización, utilidad, ventaja y aplicaciones [En línea] [consultado 03 de agosto del 2019]

LOPEZ, María Fernanda, MENDOZA, Laura carlota. Desarrollo de una propuesta de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales para la reducción de la DQO y DBO en la fábrica de chocolates triunfo s.a. Bogotá D.C.: Fundación universidad de américa

LOPEZ, María. MENDOZA, Laura carlota Diseño de una planta de tratamiento de agua potable por ósmosis inversa para un buque de pasaje. Trabajo de grado para optar por el título de ingeniero Marítimo. Universidad Cantabria, 2015.p 24,31.

MANUAL DE ANALISIS DE AGUAS. Gloria Inés Giraldo. Universidad nacional de Colombia. Manizales- Colombia. Departamento de ciencias 1995.

MOBIUS. Planta de tratamiento de aguas residuales. . [En línea] [Consultado 20 de julio] Disponible en línea:< <http://mobius.net.co/que-es-una-ptar/>>

MONTE, Inés. Agua, pH y equilibrio químico: Entendiendo el efecto del dióxido de carbono en la acidificación de los océanos. Licenciatura y maestría en Química por la UNAM Primera edición, 2016.P. 42-43.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. The national academies.Sistemas de adsorción y de intercambio iónico. [En línea] [Consultado: 10 de junio de 2019]. Disponible en internet: <<https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Treatment/Adsorption-and-Ion-Exchange-Systems.html> >

NATIONAL ENVIRONMENTAL SERVICES CENTER. West Virginia University Tecnología en breve. Estados unidos.2016.

NAVARRO, María Olga.IDEAM. Demanda bioquímica de oxígeno 5 días, incubación y electrometría Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>. 2007.

NEVAREZ. Optimización del proceso de regeneración de resinas de intercambio iónico para ser utilizadas en el desmineralizador de agua de refinería estatal esmeraldas. Escuela superior politécnica de Chimborazo. Ecuador. 26, 27, 30, 44-68

PEDROLLO. Colombia. Bomba centrífuga [Consulta 23 agosto 2019] disponible en: < https://www.pedrollo.com/public/allegati/CP%200.25-2.2%20kW_ES_60Hz.pdf >

PURE AQUA, INC. Cartuchos de filtros Pure Aqua. [En línea] [Consultado 10 de agosto 2019] <<https://es.pureaqua.com/cartuchos-de-filtros-pure-aqua/> > Estado Unidos.

PURIFICARAGUA.Guia de purificadores de agua [en línea] [Consultado: 10 de junio de 2019]. Disponible en internet: <http://www.guiapurificadoresdeagua.com/filtros-de-sedimentos/>>

PROPILCO. Información sobre propileno y generalidades. [En línea] [Consultado 10 de agosto 2019] disponible en: <https://www.esenttia.co/downloadableFiles/technologyServices/informacionPolipropileno/421_Generalidades_con_Logo.pdf >

RESINAS INTERCAMBIADORAS DE IONES. Universidad de Cundinamarca. Colombia. 2016. [en línea] [Consultado: 10 agosto de 2019] disponible en internet: < <http://www2.udec.cl/~analitic/Interc-iones.pdf> >.

ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento De Aguas Residuales: Teoría y Principios De Diseño. 3 ed. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008. p. 227.

RUIZ. Fernando. Desalación de agua de mar en planta termosolar de cilindro parabólico de 50 MW.2011

RUIZ. Tratamiento físico-químico de aguas residuales. Serví agua móvil, S.A: de C. V. México D.F.

SANCHEZ, Concepción. Intercambio iónico (ft-ter-006). Tratamientos terciarios. Universidad de Coruña. España. Septiembre 2015.p.4-5.

SANZ, GUERRERO Y ROCA. Producción de agua de alta pureza: electrodesionización en continuo (CEDI). VEOLIA Water Systems Ibérica. División agua de alta pureza. Febrero 2006.

SANZ, J., GUERRERO, L., ROCA, M. Artículo Veolia Water Solutions & Technologies. Revista Farmaindustrial. Omnimedia S.L. Madrid, noviembre/diciembre de 2006 p. 28-31,133.

SECRETARIA DISTRITAL DE SALUD DE BOGOTA.Servicios biblioteca. ACPM. Características físicas Bogotá- Colombia. Disponible en línea: http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/57c59a889ca266ee6533c26f970cb1a/A.C.P.M..pdf

SECRETARIA DISTRITAL DE SALUD DE BOGOTA.Servicios biblioteca. Gasolina. ACPM. Características físicas Bogotá- Colombia. Disponible en línea: http://biblioteca.saludcapital.gov.co/img_upload/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/Gasolina.pdf

SEDAPAL. ANDIA CARDENAS, Yolanda. Tratamiento de agua. Floculación y coagulación. Lima-Perú abril de 2000.

SERVIMETERS. Calibración volumetría metálicos y serafines. [En línea] [Consultado 20 de julio] Disponible en línea: <<https://www.servimeters.com/calibracion-metalicos-serafin>>.2017

SUAREZ, Sanabria Doris.IDEAM. Conductividad eléctrica por el método electrométrico en aguas. Disponible en:

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Conductividad+EI%C3%A9ctrica.pdf/f25e2275-39b2-4381-8a35-97c23d7e8af4>. 2006.

ULTIMAKER. Ficha de datos técnica del Nylon. [En línea] [Consultado 10 de agosto 2019] disponible en: <<https://ultimaker.com/download/67541/TDS%20Nylon%20v3.011-spa-ES.pdf>>

VACA, MAGDALENO, SOSA, MONROY, JIMÉNEZ .Tratamiento terciario de aguas residuales por filtración e intercambio iónico. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco

VALDIVIA, PEDRO, LAUREL .Instituto nación de investigación en metrología. Agua para uso en laboratorios. Ministerio de ciencia tecnología y medio ambiente ciudad de la Habana, Cuba, P. 5.

VAZQUEZ, Mauro solis. Tecnología de materiales. Tratamiento de agua por sistemas de ósmosis inversa. Pág. 9.Universidad nacional autónoma de México.2017.

VILLEGAS, María paulina. Purificación de aguas. Trabajo de grado. Escuela colombiana de ingeniería. Ingeniería ambiental.2007. p.99

W.J. WEBER. Control de Calidad del Agua. Procesos Físicoquímicos. Reverté. Barcelona, 1979.

ZAPATA & ZAPATA. Desarrollo de dos nuevos prototipos de celdas de flotación en la universidad autónoma de San Luis Potosí – México. Marzo 2004.

ANEXOS

ANEXO A CARACTERIZACIÓN INICIAL DE AGUA



INFORME DE LABORATORIO 45244

No. DE MUESTRA: 45244-1
BOGOTÁ, D.C. 1 DE MARZO DEL 2019

KOLMETRIK
ATN: MARIA PAULA CARILLO
Cll 74 # 57B-38
BOGOTÁ, CUNDINAMARCA
PROYECTO: NO REPORTA

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: TRATAMIENTO FINAL

FECHA Y HORA DE MUESTREO:	14/02/19 17:00	MATRIZ: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
PROCEDENCIA	BOGOTÁ - CUNDINAMARCA	FECHA RECEPCION 15/02/19
MUESTREO REALIZADO POR:	IMAT - INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE TERRI	TIPO DE MUESTREO: Simple

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	FECHA / ANALISTA
FISICO QUIMICOS					
SI	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO DBO5	S.M 5210B Mod - SM4500 O-G	mg O2/L	37	15/02/19 / SPO
SI	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	S.M 2540 D	mg/L	6	01/03/19 / XSB



INFORME DE LABORATORIO 45162

No. DE MUESTRA: 45162-1
BOGOTÁ, D.C. 1 DE MARZO DEL 2019

KOLMETRIK
ATN: MARIA PAULA CARILLO
Cll 74 # 57B-38
BOGOTÁ, CUNDINAMARCA
PROYECTO: TRATAMIENTO DE AGUA

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: SALIDA SERAFÍN

FECHA Y HORA DE MUESTREO:	06/02/19 17:00	MATRIZ: AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL
PROCEDENCIA	BOGOTÁ - CUNDINAMARCA	FECHA RECEPCION 11/02/19
MUESTREO REALIZADO POR:	IMAT - INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE TERRI	TIPO DE MUESTREO: Simple

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	FECHA / ANALISTA
FISICO QUIMICOS					
SI	DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO DBO5	S.M 5210B Mod - SM4500 O-G	mg O2/L	708	11/02/19 / SPO
SI	SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	S.M 2540 D	mg/L	133	01/03/19 / XSB



ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO

CÓDIGO ORDEN:	030-2019	CONTACTO:	MARÍA PAULA CAMILLO
PROYECTO:	COLMETRIK	TELÉFONO/EMAIL:	3106888491
CLIENTE:	MARIA PAULA CAMILLO	DIRECCIÓN:	Carrera 103 D# 83-82
Referencia:	030-1	Muestra:	Entrada trampa de grasas
Localización:	Bogotá	Fecha de Muestreo:	6/05/2019
Descripción Visual:	Agua incolora	Fecha de Recepción:	6/05/2019

1. CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA

Tipo de recipiente	Cantidad	Tipo de preservación	Volumen	Ensayos
Vidrio boca ancha	1	Ácido sulfúrico pH<2	500 mL	Grasas y aceites
Plástico	1	Refrigeración <6°C	500 mL	Cloruros y sulfatos
Plástico	1	Ácido nítrico pH<2	1000 mL	Metales

2. RESULTADOS DE ENSAYO

*Prueba acreditada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, según resolución 2852 del 6 de noviembre del 2018

ENSAYO	MÉTODO	REPORTE	INCERTIDUMBRE	UNIDAD	FECHA DE ANÁLISIS
Grasas y Aceites	S.M. 5520 D	19,2	---	mg GYA/L	2019-05-14
Cloruros (Cl)	S.M. 4110 B	2,72	0,0414	mg Cl/L	2019-05-08
Sulfatos (SO ₄)	S.M. 4110 B	4,36	0,165	mg SO ₄ /L	2019-05-08
Aluminio (Al)	S.M. 3120 B/SM 3030 E	9,89	0,764	mg Al/L	2019-07-26
Cadmio (Cd)	S.M. 3120 B/SM 3030 E	<0,020	0,00781	mg Cd/L	2019-05-09
Cobalto (Co)	S.M. 3120 B/SM 3030 E	<0,020	0,00800	mg Co/L	2019-05-09
Cobre (Cu)	S.M. 3120 B/SM 3030 E	<0,020	0,00665	mg Cu/L	2019-05-09
Hierro (Fe)	S.M. 3120 B/SM 3030 E	0,508	0,00648	mg Fe/L	2019-05-09
Litio (Li)	S.M. 3120 B/SM 3030 E	<0,100	0,0575	mg Li/L	2019-07-26
Manganeso (Mn)	S.M. 3120 B/SM 3030 E	<0,020	0,00418	mg Mn/L	2019-05-09
Níquel (Ni)	S.M. 3120 B/SM 3030 E	<0,020	0,00190	mg Ni/L	2019-05-09
Zinc (Zn)	S.M. 3120 B/SM 3030 E	0,960	0,0098	mg Zn/L	2019-05-09
Cromo (Cr)	S.M. 3120 B/SM 3030 E	<0,020	0,00385	mg Cr/L	2019-05-09
Molibdeno (Mo)	S.M. 3120 B/SM 3030 E	<0,020	0,00027	mg Mo/L	2019-07-26

S.M.: Standard Métodos, edición 22-2012

- 1-La información registrada en el numeral 1 hace referencia a las condiciones con las cuales se recibe las muestras en el laboratorio
- 2-Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite.
- 3-Los resultados contenidos en este informe sólo hacen referencia al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos de las muestras relacionadas.
- 4-El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansión k=2.
- 5-Los resultados reportados en este informe son realizados en la siguiente dirección: Calle 40B No. 5-50/80, piso 1, Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá D.C., Colombia

OBSERVACIONES:

OBSERVACIONES SEGÚN LA NORMA DE
REFERENCIA

Flor Ángela Fraja
Revisado por: Flor Ángela Fraja
Matrícula N° 25228-265942 CND
Cargo: Coordinadora de Calidad

Sandra Milena Artales Reyes
Revisado y Aprobado: Sandra Milena Artales Reyes
Matrícula N° PQ-3194
Cargo: Profesional de laboratorio

FIN INFORME

Calle 40B No. 5-50/80, piso 1, Edificio José Gabriel Maldonado S.J. Bogotá D.C., Colombia
Teléfono +57 (1) 3208320 Ext. 5373 - 5269 - 5268



ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO

CÓDIGO ORDEN: 030-2019	CLIENTE: María Paula Camillo
PROYECTO: COLMETRIK	DIRECCIÓN: Carrera 103 D # 83-82
Referencia: 030-2	Muestra: Salida trampa de grasas
Localización: Bogotá	Fecha de Muestreo: 2019-05-06
Descripción Visual: Agua incolora	Fecha de Recepción: 2019-05-06

1. CONDICIONES DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA*

Temperatura	(°C)	6
Volumen de muestra	(L)	4

Tipo de preservación	**
Tipo de recipiente	**

2. RESULTADOS DE ENSAYO

ENSAYO	MÉTODO	REPORTE	INCERTIDUMBRE	UNIDAD	FECHA DE ANÁLISIS
Grasas y Aceites	S.M. 5520 D	3.0		mg GYA/L	2019-05-14

* La información registrada en el numeral 1 hace referencia a las condiciones con las cuales se recibe las muestras en el laboratorio

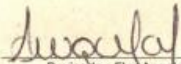
** Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito del laboratorio que lo emite

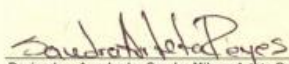
*** Los resultados contenidos en este informe sólo hacen referencia al momento y condiciones en que se realizaron los ensayos de las muestras relacionadas

**** El valor reportado corresponde a la incertidumbre calculada con un nivel de confianza del 95% y un factor de expansión k=2

OBSERVACIONES: **Envase de vidrio boca ancha preservado con HCl a pH<2 (ensayo grasas y aceites)

OBSERVACIONES SEGÚN LA NORMA DE REFERENCIA


 Revisado: Florencia Fragua
 Matriculada N° 25228-265942 CND
 Cargo: Coordinadora de Calidad


 Revisado y Aprobado: Sandra Milena Aréiza Reyes
 Matriculada N° PQ-3194
 Cargo: Profesional de laboratorio

FIN INFORME



RESULTADOS DE LABORATORIO

Informe No. 001470

Página 1 de 3

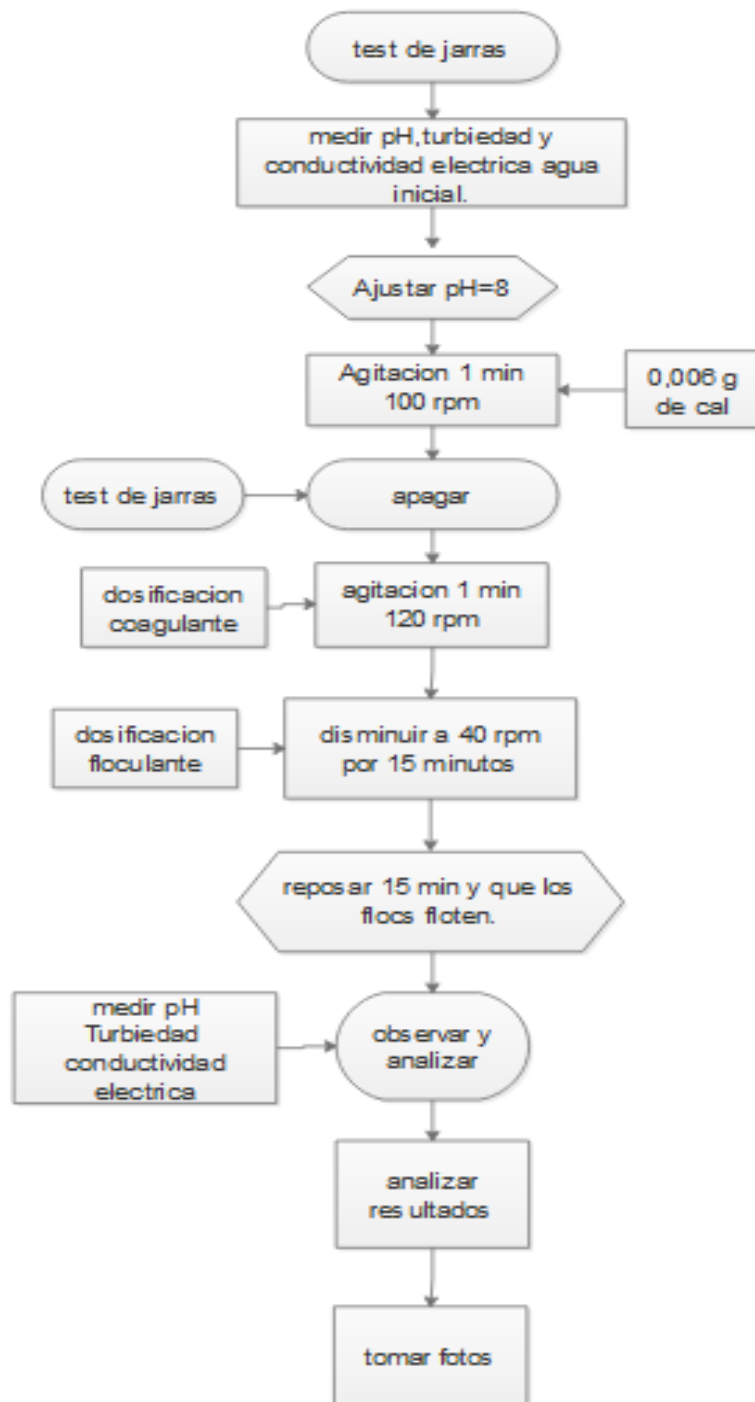
FECHA DE REPORTE: 2019/11/05
EMPRESA : MARIA PAULA CARRILLO TRUJILLO
ATENCION : MARIA PAULA CARRILLO TRUJILLO
DIRECCION : Cra 103 B No 83-82
TELEFONOS : 3106888491
No. DE MUESTRAS: 3
FECHA DE RECEPCION: 2019/10/28
FECHA DE ANALISIS: 2019/10/28 AL 2019/11/05
PLAN DE MUESTREO CIAN N.A
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: N.A
PROYECTO : COLMETRIK



INSTITUTO DE HIDROLOGIA:
 METEOROLOGIA Y
 ESTUDIOS AMBIENTALES

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA			
MUESTRA No.	26501	MUESTRA UNICO	
Matriz	Agua AR	Municipio:	N.E
Tipo de Muestreo:	Puntual	Departamento:	N.E
		Fecha de toma:	N.E
		Hora de toma:	N.E
FISICOQUÍMICO			
PARAMETRO	UNIDAD	METODO	RESULTADO
ALUMINIO	mg A/L	SM 3030E SM 3111D	0,793

ANEXO B PROCESO TEST DE JARRAS.



ANEXO C

PREPARACIÓN DE REACTIVOS PARA TEST DE JARRAS

Para la preparación de los reactivos se tuvo en cuenta la tesis “desarrollo de una propuesta de mejoramiento para el tratamiento de aguas residuales de la planta de nitrato de amonio en fertilizantes colombianos ferticol s.a”. de MARGARITA FORIGUA.

• Sulfato de aluminio tipo A solido

La solución de sulfato de aluminio Tipo A se prepara al 5%, para esto se pesan 5 g del coagulante en una balanza y se mezcla en una probeta de 100 ml con agua destilada.

• Sulfato de aluminio tipo A liquido

La solución de este coagulante se prepara al 5%, se pesa 5 g de este coagulante en una probeta y se completa los 100 ml con agua destilada.

• Policloruro de aluminio liquido

Para el caso del policloruro de aluminio es un líquido, se hace una solución al 5% se pesan 5 g de este coagulante y se lleva aforo en una probeta de 100 ml con agua destilada.

• Polímero catiónico

Teniendo en cuenta el polímero catiónico al estar en forma de polvo blanco granular se hace una solución al 0,05% y al 0,1%, esto con el fin de comprobar que dosificación es más eficaz para el agua industrial residual del proceso.

Para la solución de 0,05%, se pesan 0,25 gramos de este polímero y se disuelven con 500 ml de agua. Para el 0,1%, se pesan 0,5 gramos de este polímero y se mezclan con 500 ml de agua destilada. Se utiliza el equipo de test de jarras para la solución de esta mezcla, se lleva a mezcla por 30 min a 100 rpm ya que este polímero presenta una alta viscosidad en solución.

ANEXO D CANTIDAD DE COAGULANTE Y FLOCULANTE

Se utiliza la ecuación 11 con el fin de hallar la concentración que se usó de floculante y coagulante. Teniendo esto se calcula la cantidad de agua destilada necesaria para cada preparación.

Ecuación 31. Dilución

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2$$

Fuente: elaboración propia

- Cantidad de coagulante Policloruro de aluminio al 5%.

Se calcula la cantidad de Policloruro de aluminio sabiendo que la dosis óptima para la muestra de agua residual es de 1000 ppm.

$$1000 \text{ ppm} = \frac{\text{mg soluto}}{180L}$$

$$180000 = \text{mg soluto}$$

$$180000 \text{ mg soluto} * \frac{1g}{1000 \text{ mg}} = 180 \text{ g} = 0,18Kg$$

Se calcula la cantidad de agua necesaria para preparar 0,18 Kg preparado al 5%.

$$100\% * \frac{0,18kg}{5\%} = 3,6 \text{ L de agua}$$

- Cantidad de polímero catiónico al 0,1%

Se calcula la cantidad necesaria de polímero catiónico para 180 L de agua cruda, para esto se tiene en cuenta el desarrollo experimental que se llevó a cabo en el cuál se adiciono 3 ml de polímero catiónico al 0,1% (1000 ppm) a una muestra de 500 ml.

$$C_2 = \frac{1000 \text{ ppm} * 3ml}{500 \text{ ml}} = 6 \frac{\text{mg}}{L} = 6ppm$$

Para un total de 180 L se necesita un total de polímero catiónico calculado a continuación:

$$180 L * 6 \frac{mg}{L} * \frac{1g}{1000mg} * \frac{1Kg}{1000g} = 0,00108 Kg \text{ de polimero anionico}$$

Sabiendo la cantidad de polímero anionico que se necesita para 180 L se calcula la cantidad de agua necesaria para las soluciones de dichos reactivos

$$100\% * \frac{0,00108Kg}{0,1\%} = 1,08 L$$

En total se requiere 4, 68 L de agua para preparar las soluciones de los reactivos necesarios para tratar 180 L de agua cruda.

- Cantidad de cal hidratada

Con la curva de neutralización en seco que se realizó se obtuvo que la cantidad de Cal hidratada para llevar la muestra a un pH de 8 es de 0,0064 a un volumen de 500ml. Para el proceso en el cuál se usan 180 L de agua residual se necesitan 0,002304 Kg.

- Cantidad de resina catiónica LEWATIT MonoPlus S108H

Para obtener la masa de la resina catiónica se utiliza la densidad y el volumen de la resina que se halló con la ecuación 21.

$$m = \rho * V_{resina} = 1,22 \frac{g}{ml} * 207000 = 252540 g = 252,5 Kg$$

- Cantidad de resina aniónica LEWATIT MonoPlus M800 OH

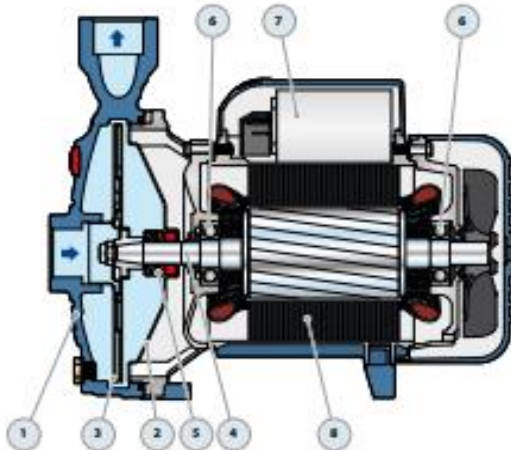
Para obtener la masa de la resina aniónica se utiliza la densidad y el volumen de la resina que se halló con la ecuación 21.

$$m = \rho * V_{resina} = 1,07 \frac{g}{ml} * 130000ml = 139100 g = 139,1 Kg$$

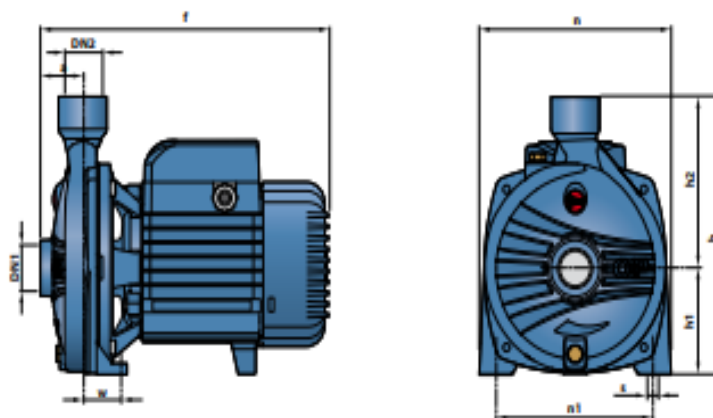
ANEXO E BOMBA CENTRÍFUGA

CP

POS. COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS						
1 CUERPO BOMBA	Hierro fundido con tratamiento de catáforesis con bocas roscadas ISO 228/1						
2 TAPA	Acero inoxidable AISI 304 (en hierro para CP 650-660-670)						
3 RODETE	Acero inoxidable AISI 304						
4 EJE MOTOR	- Acero inoxidable EN 10088-3 - 1.4104 para CP600-610-620 - Acero inoxidable AISI 431 para CP 650-660-670, CP 650M-660M-670M						
5 SELLO MECANICO	Electrobomba	Seño	Eje		Materiales		
	Modelo		Diámetro	Anillo fijo	Anillo móvil	Elastómero	
	CP 600-610	AR-12	Ø 12 mm	Cerámica	Grafito	NBR	
	CP 620	AR-14	Ø 14 mm	Cerámica	Grafito	NBR	
	CP 650-660-670 CP 650M-660M-670M	FN-18	Ø 18 mm	Grafito	Cerámica	NBR	
6 RODAMIENTOS	Electrobomba	Modelo					
	CP 600-610	6201 ZZ / 6201 ZZ					
	CP 620	6203 ZZ / 6203 ZZ					
	CP 650-660-670 CP 650M-660M-670M	6204 ZZ / 6204 ZZ					
	7 CONDENSADOR	Electrobomba	Capacidad				
Monofásica		(230 V)	(110 V a 127 V)				
CPm 600		10 µF - 450 VL	25 µF - 250 VL				
CPm 610		14 µF - 450 VL	25 µF - 250 VL				
CPm 620		20 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL				
CPm 650-650M		25 µF - 450 VL	60 µF - 250 VL				
CPm 660-660M		31,5 µF - 450 VL	60 µF - 250 VL				
CPm 670-670M		50 µF - 450 VL	80 µF - 250 VL				
8 MOTOR ELECTRICO		CPm: monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado. CP: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz.					
		⇒ Las electrobombas trifásicas están equipadas con motores de alto rendimiento en clase IE2 hasta P ₂ =0.60 kW y en clase IE3 desde P ₂ =0.75 kW (IEC 60034-30-1)					
	- Aislamiento: clase F - Protección: IP X4						



DIMENSIONES Y PESOS



MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm										kg	
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	n	n1	w	s	1~	3~	
CPm 600	CP 600	1"	1"	42	258	205	82	123	165	135	41	10	7.0	7.7	
CPm 610	CP 610				286	240	92	148	190	160	38		8.5	7.8	
CPm 620	CP 620				367	260	110	150	206	165	44.5		11	11.0	10.9
CPm 650 - 650M	CP 650 - 650M	1 1/4"	1"	51	367	260	110	150	206	165	44.5	11	17.8	17.6	
CPm 660 - 660M	CP 660 - 660M				367/387								18.9	17.9	
CPm 670 - 670M	CP 670 - 670M				367/387								20.9	22.5	

CONSUMO EN AMPERIOS

MODELO	TENSION		
	220 V	110 V	127 V
CPm 600	2.7 A	5.5 A	5.2 A
CPm 610	4.0 A	8.0 A	8.0 A
CPm 620	6.0 A	12.0 A	10.0 A
CPm 650	8.8 A	17.6 A	16.7 A
CPm 650M	8.8 A	17.6 A	16.7 A
CPm 660	9.7 A	20.0 A	19.0 A
CPm 660M	9.7 A	19.0 A	18.4 A
CPm 670	13.2 A	25.0 A	22.8 A
CPm 670M	12.0 A	25.0 A	22.8 A

MODELO	TENSION			
	220 V	380 V	220 V	440 V
CP 600	1.8 A	1.0 A	2.0 A	1.2 A
CP 610	2.8 A	1.6 A	2.6 A	1.5 A
CP 620	4.2 A	2.4 A	4.2 A	2.4 A
CP 650	6.9 A	4.0 A	5.8 A	3.2 A
CP 650M	6.9 A	4.0 A	5.8 A	3.2 A
CP 660	7.8 A	4.4 A	6.4 A	4.1 A
CP 660M	7.8 A	4.4 A	6.4 A	4.1 A
CP 670	10.0 A	5.8 A	8.6 A	5.0 A
CP 670M	9.0 A	5.2 A	7.0 A	4.0 A

PALETIZADO

MODELO		PARA GRUPAJE	PARA CONTAINER
Monofásica	Trifásica	nº bombas	nº bombas
CPm 600	CP 600	96	144
CPm 610	CP 610	96	144
CPm 620	CP 620	70	112
CPm 650 - 650M	CP 650 - 650M	50	70
CPm 660 - 660M	CP 660 - 660M	50	70
CPm 670 - 670 M	-	50	70
-	CP 670 - 670 M	35	49


**ANEXO F
FICHA TECNICA DE REACTIVOS**

13-02-2019.

SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD

S9		
SULFOQUIMICA S.A.		
CERTIFICADO DE CALIDAD		
Cliente Producto Fecha de despacho Número de Lote Certificado Número	UNION COMERCIAL ROPTIE S.A. POLICLORURO DE ALUMINIO 15 de septiembre de 2018 959 57905	
Parámetros de la Norma ICONTEC NTC 4760	Especificaciones	Resultados del Laboratorio
Alúmina (% Al ₂ O ₃)	10,5 ± 0,5	10,67
Relacion de basicidad (eq OH/eq Al)	70 Min	74,69
Densidad (g/mL)	1,23 ± 0,03	1,226
Turbiedad (NTU)	50,0 Max	23,6
Temperatura de análisis (°C)		25,0
SULFOQUÍMICA S.A. Control de calidad.		

171007_C, Certificado de calidad P1C

 DISTRIBUIDORA ALIADOS LTDA	FICHA TÉCNICA	Versión: 0 Página 1 de 1
	Producto: POLIMERO D214	Elaborado por: FRANK AGUILERA

Características	<p>Los polímeros están especialmente diseñados para las necesidades de las industrias de pulpa y papel. Pueden ser usados no solo en máquinas papeleras para mejorar el proceso productivo, sino que pueden ser enfocados hacia el manejo de aguas en los circuitos papeleros.</p> <p>Los polímeros permiten una mayor productividad papeleras al incrementar la retención, la velocidad de máquina, mejorar las propiedades físicas del papel y por consiguiente un óptimo control de las aguas y la formación, cualquiera que sea la calidad de la pulpa del proceso.</p>												
Usos	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora la retención y drenaje aumentando la cantidad de fibras, rellenos y finos retenidos en la hoja de papel, con ellos se obtiene una considerable reducción de cenizas. • Ofrecen una amplia ventaja en la relación costo beneficio para sistemas de retención simple, donde solamente se utilizan floculantes. • Utilizados en el proceso de deshidratación de lodos mediante el drenaje mecánico ya sea en centrifugas o filtros. • Actúan como floculantes en sistemas de flotación por aire disuelto (DAF). • Utilizados como coagulantes o floculantes en la clarificación de aguas primarias y aguas afluentes del proceso. 												
Propiedades	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">CARACTERÍSTICAS</th> <th style="text-align: left;">CATIÓNICOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Apariencia</td> <td>Polvo blanco granular</td> </tr> <tr> <td>Carga</td> <td>Catiónica</td> </tr> <tr> <td>Densidad Kg/m³</td> <td>750-1050</td> </tr> <tr> <td>Viscosidad cps (sol. 0.1%)</td> <td>60-150</td> </tr> <tr> <td>pH (0.5% solución acuosa)</td> <td>3.0-7.5</td> </tr> </tbody> </table>	CARACTERÍSTICAS	CATIÓNICOS	Apariencia	Polvo blanco granular	Carga	Catiónica	Densidad Kg/m ³	750-1050	Viscosidad cps (sol. 0.1%)	60-150	pH (0.5% solución acuosa)	3.0-7.5
CARACTERÍSTICAS	CATIÓNICOS												
Apariencia	Polvo blanco granular												
Carga	Catiónica												
Densidad Kg/m ³	750-1050												
Viscosidad cps (sol. 0.1%)	60-150												
pH (0.5% solución acuosa)	3.0-7.5												
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Los polímeros son comercializados en sacos de papel múltiple con un contenido neto de 25 kilogramos. Se debe almacenar en bodegas cubiertas, sin humedad y ventiladas. • El producto deben estar aislados del piso mediante estibas en arneses de hasta 4,0 mts. 												

LOS DATOS SUMINISTRADOS EN ESTA FICHA TÉCNICA SE BASAN EN NUESTRO ACTUAL CONOCIMIENTO. DESCRIBEN TAN SÓLO LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL MANEJO Y CUIDADOS DE ESTE PRODUCTO Y NO REPRESENTAN UNA GARANTÍA SOBRE LAS PROPIEDADES DESCRITAS EN EL MISMO.

ANEXO G FICHA DE SEGURIDAD DE LOS REACTIVOS

 DISTRIBUIDORA ALIADOS LTDA	HOJA DE SEGURIDAD POLIMEROS	Versión: 1
	Elaborado por: Distribuidora Aliados Ltda	Página 1 de 3
		Aprobado por: Representante de la Dirección SGC

1. Producto Químico E Identificación de la Empresa

Distribuidora Aliados Ltda
Cra. 55 No 17b-22
Pbx. 414 14 20 – 420 37 66
30 Centro De Informadón Técnica
Emergencia En Bogotá 4270434
Emergencia Fuera De Bogotá 01 8000 916012
Servicio Las 24 Horas

NA



Denominación POLIMEROS
Fecha De Publicación Hoja De Seguridad: 22 de julio 2015

2. Identificación De Peligros

APARENCIA Y OLORES:
Color: blanco
Apariencia: polvo cristalino
Olor: sin olor

DECLARACIÓN DE PELIGRO:
ADVERTENCIA: causa irritación en la piel, puede causar irritación en los ojos.

EFFECTOS POCENCIALES A LA SALUD:
EFFECTOS DE EXPOSICIÓN:
Por vía oral aguda (masas) y cutánea (sorpelos) los valores de DL 50 se estima que pueden ser superior a 2500 mg / kg y superior a 10000 mg / kg respectivamente. Inhalación por 4 horas, el valor de LC 50 (rata) se estima en más de 25 mg / L. El contacto directo con este material puede causar irritación moderada en la piel y leve irritación de los ojos. Consulte la sección 11 para información sobre toxicología, sobre los componentes regulados de estos productos.

3. Composición/ Información Sobre Los Ingredientes

COMPONENTES REGULADOS POR OSHA:
Límite no permisible de exposición (PEL/TLV) ha sido establecido por OSHA o CGH.

4. Medidas De Primeros Auxilios

CONTACTO CON LA PIEL: Lavar el área afectada con agua y jabón.
CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuague inmediatamente sus ojos con abundante agua durante por lo menos 15 minutos, manteniendo los párpados abiertos. Si los síntomas persisten, llamar a un médico.
INGESTIÓN: No induzca el vómito. No de nada a una persona inconsciente. Cheque la respiración y el pulso, si hay presencia, ponga en una posición de recuperación y solicite atención médica. Si está consciente, enjuague por fuera de la boca con agua. De 1/2 litros de agua para beber inmediatamente y repita la bebida de agua a razón de una medida de 250 ml cada 10 minutos.
INHALACIÓN: Lívete al aire fresco, reposar, y tratar sintomáticamente. Si los síntomas persisten, llamar a un médico.
NOTA PARA EL MÉDICO:
Basado en la reacción individual del paciente, se debe seguir el criterio médico para controlar los síntomas y la situación clínica.

5. Medidas Contra Incendios

MEDIOS DE EXTINCIÓN RECOMENDADOS:
CO2, Espuma, polvos químicos, de acuerdo con los materiales involucrados en el fuego. Evite el uso de agua atomizada, debido a las propiedades reactivas del producto.

MEDIOS DE EXTINCIÓN NO RECOMENDADOS:
Ninguno en particular.

RIESGO INUSUAL DE FUEGO Y EXPLOSIÓN:
Evite inhalar los humos. El polvo puede ser explosivo si se mezcla con aire en una proporción crítica y la presencia de una fuente de ignición.

EQUIP: Use medios extinguidores adecuados para el fuego de los alrededores. Utilice protección para el tracto respiratorio O PROTECTOR ESPECIAL PARA APAGAR UN INCENDIO

6. Medidas En Caso De Vertido Accidental

PRECAUCIONES PERSONALES: Use guantes y ropa protectora. Evite formación de polvo. Use la máscara de protección contra polvo.

MÉTODOS DE LIMPIEZA: No lave con agua. Limpie de inmediato usando aspiradora o equipo al vacío.

DERRAMES PEQUEÑOS: Si el producto está en solución, contener el derrame con material absorbente (por ej. arcilla, tierra, etc.). Colocar los residuos en un contenedor apropiado, cubierto y correctamente etiquetado. Lavar el área afectada.

DERRAMES GRANDES: Contener el producto en solución usándole material absorbente, usando zanjas o con diques. Recuperar en tanques reciclados o usados o en un camión cisterna para su desecho apropiado. Limpiar las áreas

1

*Información según NTC ISO 4435:2010, ANEXO B



**DISTRIBUIDORA
ALIADOS LTDA**

**HOJA DE SEGURIDAD
POLIMEROS**

Versión: 1

Página 2 de 3

Elaborado por:
Distribuidora Aliados Ltda

Aprobado por:
Representante de la Dirección SGC

contaminadas con agua o con soluciones acuosas de agentes de limpieza. Contactar un transportista de residuos autorizado para el retiro del material contaminado recuperado. Desechar el material de acuerdo con los reglamentos indicados en la Sección 13 (Consideraciones para Desecho).

PRECAUCIONES OEI MEDIO AMBIENTE: Limpiar los derrames con tierra o arena. Si el producto se escapa en los cursos de agua dentro del sistema de drenaje o ha contaminado la vegetación del suelo, notifique a las autoridades competentes.

7. Manejo Y Almacenamiento

MANIPULACIÓN: Evite el contacto con los ojos, la piel y la ropa. Usar con ventilación adecuada. Evite la formación de polvo. No respire el polvo. Lávese las manos antes de los descansos y al final de la jornada laboral. Tener al alcance equipo de emergencia (para incendios, derrames, golpes, etc.). Asegurarse de que todos los contenedores estén etiquetados. Utilice equipo de protección personal recomendado en la Sección 8.

MATERIALES INCOMPATIBLES: Ninguno en particular. El material es higroscópico y no debe ser expuesto a la humedad.
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO: Almacenar en contenedores apropiados etiquetados. Almacenar los recipientes bien cerrados. Mantener los recipientes cerrados cuando no se usen. Guardar en lugar seco y fresco (0-35°C). Evite condiciones de humedad. Evite temperaturas extremas. Mantenga una buena limpieza.
Consulte al representante PQP para obtener especificaciones y aplicaciones específicas.

8. Controles Para Exposición/Protección Personal

LÍMITES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL: Este producto no contiene ningún componente con límite de exposición establecido.

MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL AREA DE TRABAJO: Se recomienda ventilación general. Para controlar las emisiones cerca de su origen, se recomienda el uso de ventilación de escape local. Los espacios confinados deben contar con ventilación mecánica.

PROTECCIÓN PERSONAL

PROTECCIÓN DE LA RESPIRACIÓN:

Se recomienda mascarillas de seguridad contra el polvo cuando la concentración de polvo total es de 10 mg/m³.

PROTECCIÓN PARA LAS MANOS: Guantes de goma.

PROTECCIÓN PARA LA PIEL: Utilice ropa normal resistente a químicos o traje de protección en caso de salpóstrones o cuando es probable el contacto repetido con la solución.

PROTECCIÓN PARA LOS OJOS: Utilice gafas de seguridad con cubiertas laterales. No use lentes de contacto.

RECOMENDACIONES DE HIGIENE: Lávese las manos antes de los descansos y al final de la jornada laboral. Maneje en conformidad con las buenas prácticas de higiene y seguridad.

9. Propiedades Físico-Químicas

GENERALES:

Forma: Sólido granular
Color: Blanco
Olor: Ninguno
pH (5% ac. 0.5 %): 5 - 7 para la serie de producto. Véase Ficha técnica de valor específico.
Punto de fusión (°C): N/A.
Punto de inflamación (°C): N/A.
Temperatura de autoignición (°C): N/A.
Presión de vapor (mm Hg): N/A.
Densidad: Véase Ficha técnica.
Solubilidad en agua: Véase Ficha técnica.
Viscosidad (mPa.s): Véase Ficha técnica.

10. Estabilidad

ESTABILIDAD: El producto es estable a temperatura ambiente. Siga las normas de higiene industrial como para el manejo y almacenamiento de químicos. Evite temperaturas extremas y condiciones de humedad.

RIESGO DE POLIMERIZACIÓN: No ocurre polimerización peligrosa.

CONDICIONES QUE DEBEN EVITARSE: Calor y fuentes de ignición, incluyendo descargas de electricidad estática.

MATERIALES QUE DEBEN EVITARSE: Agentes oxidantes pueden causar reacciones exotérmicas. Evite el contacto con materiales alcalinos, los cuales pueden degradar al polímero.

PRODUCTOS PELIGROSOS DE DESCOMPOSICIÓN: La descomposición térmica puede producir: CO, CO₂, NO_x, HCl, NH₃, SO₂.

11. Información Toxicológica

Los siguientes resultados son para el producto.

TOXICIDAD ORAL AGUDA: Especies: LD50 Sustancia examinada
Ratón > 25000 mg/kg Producto

TOXICIDAD CRÓNICA: A dos años de estudio sobre la alimentación de las ratas no revelaron efectos adversos para la salud. A un año de alimentación estudio sobre los perros no revelaron efectos adversos para la salud.

TOXICIDAD DÉRMICA AGUDA:

*Información según NTC ISO 4435:2010, ANEXO B



**DISTRIBUIDORA
ALIADOS LTDA**

**HOJA DE SEGURIDAD
POLIMEROS**

Versión: 1

Página 3 de 3

Elaborado por:
Distribuidora Aliados Ltda

Aprobado por:
Representante de la Dirección SGC

Los resultados de las pruebas en conejos mostraron este material que no es tóxico, incluso a altas dosis los niveles.
IRITACIÓN: El producto no se espera que sea tóxico por inhalación. Irritación.
IRRITACIÓN PRIMARIA DE LA PIEL: Los resultados de las pruebas en conejos mostraron este material a no ser irritante para la piel.
IRRITACIÓN PRIMARIA DE LOS OJOS: Pruebas realizadas de acuerdo con la técnica de Draize mostraron el material produce efectos leves en la córnea o iridial y tonos sólo conjuntival efectos similares a los que todos los materiales granulados sobre conjuntiva.
SENSIBILIZACIÓN: Los resultados de las pruebas en conejos de este material no mostraron sensibilización.
CARCINOGENESIS: Ninguno de los componentes del producto figura como carcinógeno en la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC, International Agency for Research on Cancer), en el Programa Nacional de Toxicología (NTP, National Toxicology Program), o en la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists). Para obtener información adicional sobre los riesgos del preparado, consulte las secciones 3 y 12.

12. Información Ecológica

Este material no está clasificado como peligroso para el medio ambiente. Los efectos sobre organismos acuáticos son debidos a un modo de acción estricto (no sistémico), y son reducidos significativamente con 30 minutos debido al vínculo del producto al carbón orgánico disueltos y solventes inorgánicos tales como agua similar. Las pruebas de toxicidad aguda conducidas sobre el polímero utilizado, ambientalmente representativo en agua dan las siguientes resultados:
RESULTADOS EN AGUAS EXAMEN: Inhibición del crecimiento (OECD 201) Duración: 79 h
 Especies: algas verdes (Selvestrum capricornutum) >100 mg/L IC50
RESULTADOS EN PECES: EXAMEN toxicidad aguda, agua fresca (OECD 203)
 Duración: 96 horas
 Especies: zafra fish (brachydanio rerio) > 100 mg/L LC 50
RESULTADOS EN INVERTEBRADOS:
 EXAMEN: inmovilización aguda (OECD 202)
 Duración: 48 hr Especies: Daphnia magna 100 mg/L EC 50
 El ingrediente polimérico no es biodegradable, pero se degrada por hidrólisis. El tamaño del tipo de polímero es incompatible con el transporte a través de las membranas biológicas y la difusión; el factor de bioconcentración es por tanto considerado cero y líneo. Toda la información ecológica fue conducida sobre un producto representativo.

13. Consideraciones De Disposición

Recupere si es posible. Al hacerle, cumplir con las regulaciones locales y nacionales.
 Envases contaminados: Enjuague los recipientes vacíos con agua y utilizar el agua de enjuague para preparar la Solución de trabajo. Pueden ser depositados en vertederos o incinerados, cuando esté dentro del cumplimiento de la normativa local.

14. Información Sobre Transporte

La información en esta sección es de referencia solamente y no debe sustituir los documentos oficiales de envío específicos para una orden. Por favor note que el nombre de embarque y/o la clase de peligro apropiados puede variar con el tipo de empaque, las características, y el modo de transporte. Los nombres apropiados para envío son:
TRANSPORTE TERRESTRE
 Nombre Apropiado para Embarque: EL PRODUCTO NO ESTÁ REGULADO DURANTE SU TRANSPORTE
TRANSPORTE AEREO (ICAO/IATA)
 Nombre Apropiado para Embarque: EL PRODUCTO NO ESTÁ REGULADO DURANTE SU TRANSPORTE
TRANSPORTE MARÍTIMO (MDG/IMO)
 Nombre Apropiado para Embarque: EL PRODUCTO NO ESTÁ REGULADO DURANTE SU TRANSPORTE
 Diamante de seguridad:

15. Información Reglamentaria

Este producto no es un artículo peligroso y no ha de ser etiquetado de acuerdo con las Directivas CE en su versión modificada. Inventario Estado: EINECS (Europa) polímero existente de acuerdo con la definición en la 7ª Enmienda a la Directiva 67/540/CEE. Todas las materias primas y aditivos figuran en el EINECS.
 TSCA (EE.UU.): Cumple con todas las normas aplicables en virtud de órdenes a la TSCA.
 DSL (Canadá): Todos los componentes listados en el inventario.
OTRA INFORMACIÓN AMBIENTAL:
 Los siguientes componentes de este producto pueden estar sujetos a requerimientos de reporte en virtud de la sección 313 de CERCLA (40 CFR 372), Sección 12(b) de TSCA, o puede estar sujeto a requerimiento liberado de reporte (40 CFR 307, 48 CFR 311, etc). Ver sección 13 información sobre clasificación de desechos y disposición de desechos de este producto.

16. Información Adicional

La información relacionada con este producto puede no ser válida si es usada en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y la aplicación de esta información para su uso particular.
 LOS DATOS SUMINISTRADOS EN ESTA HOJA DE SEGURIDAD SE BASAN EN NUESTRO ACTUAL CONOCIMIENTO. DESCRIBEN TAN SOLO LAS MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL MANEJO Y CUIDADOS DE ESTE PRODUCTO Y NO REPRESENTAN UNA GARANTÍA SOBRE LAS PROPIEDADES DESCRITAS EN EL MISMO.

*Información según NTC ISO 4415:2010, ANEXO B

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

Nombre del Producto: **POLICLORURO DE ALUMINIO LIQUIDO**
Fecha de Revisión: Febrero 2016. Revisión N°2



SECCION 1: IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑIA

PRODUCTO

Nombre Químico: Policloruro de Aluminio (PAC)
Número CAS: 1327-41-9
Sinónimos: Polihidroxloruro de Aluminio, Clorhidrato de Aluminio, Cloruro Básico de Aluminio, Hidroxloruro de Aluminio. etc.

COMPAÑIA: GTM

Teléfonos de Emergencia

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

SECCION 2: COMPOSICION / INFORMACION SOBRE LOS INGREDIENTES

Óxido de Aluminio: 17 +/- 1% peso
Familia: Sales Inorgánicas
Número CAS: 1327-41-9

SECCION 3: IDENTIFICACION DE PELIGROS

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


EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

Inhalación:	Produce dolor en el pecho, tos, dificultad para respirar, dolor de garganta.
Ingestión:	Causa irritación gastrointestinal, náuseas y vomito. Tomar abundante agua o leche, no inducir el vomito.
Contacto con los ojos:	Produce ardor, irritación y enrojecimiento. Lavar inmediatamente.
Contacto con la piel:	Corrosivo. Produce ligera irritación o enrojecimiento. Lavar inmediatamente.
Resumen para casos de emergencia:	Corrosivo. Irritante a los ojos, la piel, si se inhala o se ingiere. Estable a temperatura ambiente y en condiciones normales de uso. Reacciona con bases con desprendimiento de calor, Reacciona violentamente con oxidantes, Por descomposición térmica libera gases irritantes de Acido Clorhídrico.

SECCIÓN 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación:	Lleve la víctima a un sitio confortable, ventilado y fresco. Lavar nariz y boca con agua abundante y mantener en reposo y abrigado. Si no respira de respiración artificial, si su respiración es dificultosa suministre oxígeno. Consultar al médico lo más pronto posible.
Contacto Dérmico:	Lave de inmediato con abundante agua, bajo la ducha remueva la ropa contaminada y zapatos, se debe continuar con el lavado con agua y jabón durante 15 minutos. Si la irritación u enrojecimiento persiste acudir al médico.
Contacto Ocular:	Lave los ojos inmediatamente con agua corriente por un mínimo de 15 minutos. Mantenga los párpados abiertos durante el enjuague y gire los ojos. Si persiste la irritación, repita el lavado. Remita al médico inmediatamente.
Ingestión:	Si la víctima esta consciente y alerta dele a beber agua o leche. No induzca al vomito. Consultar al médico lo más pronto posible. Nunca suministre algo por la boca si la persona esta inconsciente o convulsionando. En caso de vomito disponer a la persona de costado.

ANEXO H COTIZACIÓN DE REACTIVOS



**DISTRIBUIDORA
ALIADOS LTDA.**

NIT 400 027 108-3
IVA - REGIMEN COMUN - 03-39-55-99

**PRODUCTOS QUIMICOS,
MATERIAS PRIMAS
NACIONALES E IMPORTADAS**

REGIMEN COMUN - NO SOMOS AUTORETENEDORES
ACTIV. ECONOMICA CODIGO 4884 TARIFA 11.04 x 1000
AUTORIZACION NUMERACION DE FACTURACION No. 1418201303808 DE 21/02/2019
VIGENCIA 12 MESES DEL A 5001 AL A 5300

CLIENTE: **MARIA PAULA CARRILLO TRUJILLO**
 DIRECCION: **CALLE 80 A # 109-13**
 TELEFONO: **3106888493**
 CIUDAD: **BOGOTA** NIT.: **2075308496**

FACTURA DE VENTA
Nº A 50154
Nº R 4-950154

REMISION	LOTE No.	ORDEN DE COMPRA	FORMA DE PAGO	FECHA DE FACTURA	FECHA DE VENCIMIENTO
			CONTADO	27 03 2019	27 03 2019


PRODUCTO	EMPAQUE	KILOS	VR. UNIT.	TOTAL
070 POLIMERO CATIONICO 2093 (STG)	1 BARRA	1.00	35.000.00	35.000.00
090 SULFATO DE ALUMINIO LIQUIDO TRO A (050)	1 BARRA	25.00	1.400.00	35.000.00

SON: ochenta y tres mil trescientos pesos

SUB-TOTAL \$	70.000
IVA 9 % \$	15.300
TOTAL A PAGAR \$	85.300

CON LA FIRMA DE LA FACTURA, ESTOY A SU VEZ CERTIFICANDO QUE RECIBI LOS DOCUMENTOS DE LOS PRODUCTOS QUIMICOS (FOJA DE SEGURIDAD Y TARJETA DE EMERGENCIA) A TRANSPORTAR Y QUE TENGO LA OBLIGACION DE LLEVARLOS HASTA EL DESTINO FINAL JUNTO CON LOS PRODUCTOS.

LA PRESENTE FACTURA DE VENTA SE ASIMILA EN TODOS SUS EFECTOS A LA LETRA DE CAMBIO ART 628 Y 629 S.S., 671, 772, 774 Y 775 DEL CODIGO DE COMERCIO LA FIRMA DE CUALQUIER EMPLEADO DEL COMPRADOR LLEVA A LECTA LA AUTORIZACION DE ESTE PARA FIRMAR, CONFIRMAR LA DEUDA Y OBLIGAR AL COMPRADOR. ESTA FACTURA CAUSA INTERESES POR MOROSIDAD 9% POR MES O FRACCION A PARTIR DE LA FECHA DE SU VENCIMIENTO ART 863 BARRA DEL CODIGO DE COMERCIO.

ACEPTADA POR EL COMPRADOR:

 FIRMA Y SELLO

LA MERCANCIA VIAJA POR CUENTA Y RIESGO DEL COMPRADOR

Cra. 55 No. 17 B-22 PBX: 414 1420 - 420 3758 www.distribuidoraaliados.com Bogotá - Colombia

ORIGINAL - CLIENTE



MATERQUIM S.A.S.®
 Comercializadora de Materias Primas
 y Productos Químicos para:
 PRODUCTOS QUÍMICOS INDUSTRIALES FARMACÉUTICOS - PISCINAS Y ACUEDUCTOS
 Cra. 15 N°. 10 - 37/39 - Tels: 282 10 14 - 243 71 48 - 243 70 84
 Calle 10 N°. 15 - 66 - Tels: 242 97 29
 E-mail: comercial@materquim.com - Página Web: www.materquim.com
 Bogotá, D. C. Colombia, Sur América

FACTURA DE VENTA
CONTADO No. 269986
03260086

Nit 800.085.199-3
Iva Régimen Común 2952-501
I.C.A. No. 4864 (11.04 x 1000)
No somos grandes contribuyentes
No somos Autorretenedores.

Cliente: MARIA PAULA CARRILLO
Dirección:
Teléfono:

Vendedor: MIGUEL ANTONIO NEGRETE
FECHA: 22/3/2019
C.C. & Nit: 1076308498

CANT.	PRESENTACION	NOMBRE DEL PRODUCTO	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
2.00	GL	POLICLORURO DE ALUMINIO GL (P112)	16,125.00	30.252.00

Esta Factura de Venta se asimila en todos sus efectos a un título valor, Art. 628 y 779 del Código del Comercio.

La Mercancia se reserva hasta su completa cancelación. Después de retirada no se admiten reclamos ni devoluciones. La Mercancia viaja por cuenta y riesgo del comprador.

RESOLUCION DIAN NO 10762012841621 DEL 2019/02/11 DESDE 267768 HASTA 270000

Sub-total Gravado	30,252.00
Sub-total Exento	0.00
Sub-total	30,252.00
I.V.A.	5,748.00
Retención	0.00
TOTAL	36,000.00

ANEXO I RESINAS CATIONICA

INFORMACIÓN DE PRODUCTO
LEWATIT® MonoPlus TP 207

 **Lewatit**

Descripción general

Forma de suministro	Na ⁺
Grupo funcional	Ácido aminodiacético
Matriz	Polistereno reticulado
Estructura	Macroporosa
Aspecto	Beige, opaco

Propiedades especificadas

		Unidades métricas	
Capacidad total	En forma H	min. eq/l	2,0
Coefficiente de uniformidad		máx.	1,1
Tamaño medio del grano		mm	0,61 (+/- 0,05)
Proporción de bolas en el rango	Tamaño medio del grano +/- 0,05	% vol.	

Propiedades físico-químicas

		Unidades métricas	
Densidad aparente	(+/- 5 %)	g/l	720
Densidad		aprox. g/ml	1,1
Contenido en agua		% en peso	55 - 60
Variación de volumen	Na ⁺ --> H ⁺	máx. % vol.	- 25
Estabilidad	rango de pH		0 - 14
Almacenaje del producto		máx. años	2
Almacenaje	rango de temperatura	°C	-20 - +40
lavado			
Expansión del lecho	(20 °C, por m/h)	aprox. % vol.	4
Zona libre	contra lavado	% vol.	80 (Na)
ACONDICIONAMIENTO			
Agente acondicionador	tipo		
Agente acondicionador	cantidad	g/l	Mono-Na 40 - 48
Regenerante	cantidad	aprox. g/l	H ₂ SO ₄ 200 HCl 150
Regenerante	concentración	aprox. % en peso	H ₂ SO ₄ 10 HCl 7,5



AMBERLITE™ IR120 Na

Industrial Grade Strong Acid Cation Exchanger

Introduction

AMBERLITE IR120 Na resin is a gel type strongly acidic cation exchange resin of the sulfonated polystyrene type. It is used for water softening (in Na⁺ form) as well as for water demineralisation (in H⁺ form) in co-flow regenerated units. AMBERLITE IR120 Na resin is an excellent general purpose cation exchange resin that can be used for a wide variety of industrial water treatment applications including both softening and demineralisation.

Properties

Physical Form	Amber spherical beads
Matrix	Styrene divinylbenzene copolymer
Functional group	Sulfonate
Ionic form as shipped	Na ⁺
Total exchange capacity	≥ 2.00 eq/L (Na ⁺ form)
Moisture holding capacity	45 to 50 % (Na ⁺ form)
Shipping weight	840 g/L
Particle Size	
Uniformity coefficient	≤ 1.9
Harmonic mean size	0.600 to 0.800 mm < 0.300 mm 2 % max
Maximum reversible swelling	Na ⁺ → H ⁺ ≤ 11 %

Suggested Operating Conditions

Water Treatment			
Maximum operating temperature	135 °C		
Minimum bed depth	700 mm		
Service flow rate	5 to 40 BV ^{*/h}		
Regeneration			
Regenerant	HCl	H ₂ SO ₄	NaCl
Level (g/L)	50 to 150	60 to 240	80 to 250
Concentration (%)	5 to 8	0.7 to 6	10
Minimum contact time	30 minutes		
Slow rinse	2 BV at regeneration flow rate		
Fast rinse	2 to 4 BV at service flow rate		

Hydraulic Characteristics

Figure 1 shows the bed expansion of AMBERLITE IR120 Na resin, as a function of backwash flow rate and water temperature. Figure 2 shows the pressure drop data for AMBERLITE IR120 Na resin, as a function of service flow rate and water temperature. Pressure drop data are valid at the start of the service run with clear water and a correctly classified bed.

Descripción general

Forma de suministro	Na ⁺
Grupo funcional	ácido sulfónico
Matriz	DVB / estireno

Propiedades especificadas

		Unidades métricas	
Coefficiente de uniformidad		máx.	1,6
Distribución granulométrica	> 90 %	mm	0,4 - 1,25
Capacidad total		min. eq/l	2,0

Propiedades físico-químicas

		Unidades métricas	
Densidad aparente	(+/- 5 %)	g/l	832
Densidad		aprox. g/ml	1,26
Contenido en agua		% en peso	45 - 48
Variación de volumen	Na ⁺ --> H ⁺	máx. % vol.	7
Estabilidad	rango de pH		0 - 14
Estabilidad	rango de temperatura	°C	1 - 140
Almacenaje	del producto	máx. años	2
Almacenaje	rango de temperatura	°C	-20 - +40

REGENERACIÓN, CO-CORRIENTE			
Regenerante	tipo		NaCl / KCl HCl / H ₂ SO ₄
Regenerante	cantidad	aprox. g/l	NaCl / KCl 120 - 400 HCl / H ₂ SO ₄ 80 - 400
Regenerante	concentración	aprox. % en peso	8 - 13
Velocidad lineal		aprox. m/h	5
Velocidad lineal	lavado	aprox. m/h	1 - 10 / 5 - 50
Consumo de agua de lavado	lento / rápido	aprox. BV	1 - 2 / 2 - 5
Expansión del lecho	contra lavado (20 °C)	aprox. m/h	4
Zona libre	contra lavado	% vol.	65 - 75

INFORMACIÓN DE PRODUCTO LEWATIT® MonoPlus S 108 H



La **Lewatit® MonoPlus S 108 H** es una resina de intercambio catiónica, geliforme, fuertemente ácida, con una distribución granulométrica uniforme (monodispersa), a base de un copolímero de estireno divinilbenceno, en forma totalmente regenerada (min. 99% H). Debido a un especial proceso de fabricación este tipo de resina es extremadamente resistente a agentes químicos, y las fatigas osmótica y mecánica. Debido a esto la cesión de lixiviados es muy baja, incluso en condiciones críticas como altas temperaturas, presencia de oxidantes (O₂, óxidos de Fe) así como procesos de regeneración externos. Incluso en ciclos de tiempo muy corto (un ciclo = servicio+regeneración) la especial matriz de la resina de intercambio iónico conduce a ciclos de larga vida en los procesos de desmineralización. La alta capacidad total confiere, a su vez, una alta capacidad útil, con una muy baja fuga iónica y un extremadamente alto gradiente de utilización del regenerante.

La extremadamente alta monodispersabilidad [coeficiente de uniformidad: 1.05 (+/- 0.05)] y un muy bajo contenido en finos de max. 0.1% (< 0.4 mm) da lugar en particular a bajas pérdidas de presión junto con una eficiencia y costo operativo optimizado en las plantas de desmineralización.

La **Lewatit® MonoPlus S 108 H** es especialmente ventajosa para:

» la desmineralización de agua industrial destinada a la generación de vapor, tanto en sistemas a co-corriente o sistemas modernos a contra-corriente como los Sistemas Lewatit WS, Liftbed o Rinsebed
» la purificación fina utilizando el Sistema Lewatit Multistep o en lechos mixtos convencionales en combinación con los siguientes componentes aniónicos: **Lewatit® MonoPlus M 500 MB, Lewatit® MonoPlus M 800, Lewatit® MonoPlus M 600, Lewatit® MonoPlus MP 500, Lewatit® MonoPlus MP 800 y Lewatit® MonoPlus MP 600.**

La **Lewatit® MonoPlus S 108 H** confiere a los lechos filtrantes las siguientes características especiales:

- » una alta velocidad de intercambio en la regeneración y la carga
- » una alta capacidad útil y bajo consumo de regenerante
- » un bajo consumo de agua de lavado
- » una distribución homogénea de los regenerantes, agua y soluciones, formando, por ello, una homogénea zona de trabajo
- » un gradiente de pérdida de carga prácticamente lineal en toda la altura del lecho, por ello es posible trabajar con mayores alturas de lecho
- » una baja emisión de TOC y alta resistencia a la fatiga oxidativa
- » buen comportamiento de separación de los componentes en la aplicación de lechos mixtos

Las propiedades especiales de este producto solo podrán aprovecharse de manera óptima, si el proceso y el diseño del filtro están en consonancia con la técnica actual. Para cualquier asesoramiento ulterior no dude en consultar a LANXESS, BU Liquid Purification Technologies (LPT), un equipo a su disposición.

Descripción general

Forma de suministro	H ⁺
Grupo funcional	Acido sulfónico
Matriz	Poliestireno reticulado
Estructura	Gel
Aspecto	Negro-pardo

Propiedades especificadas

	Unidades métricas	
Coefficiente de uniformidad	máx.	1,05 (+/- 0,05)
Tamaño medio del grano	mm	0,65 (+/- 0,05)
Capacidad total	min. eq/l	2,0

Propiedades fisico-químicas

		Unidades métricas	
Densidad aparente	(+/- 5 %)	g/l	790
Densidad		aprox. g/ml	1,22
Contenido en agua		% en peso	47 - 53
Variación de volumen	H ⁺ --> Na ⁺	máx. % vol.	- 10
Estabilidad	rango de pH		0 - 14
Almacenaje	del producto	máx. años	2
Almacenaje	rango de temperatura	°C	-20 - +40

Condiciones de funcionamiento recomendadas*

		Unidades métricas		
FUNCIONAMIENTO				
Temperatura de trabajo		máx. °C		120
Rango de pH de trabajo				0 - 14
Altura de lecho		min. mm		800
Pérdida de presión específica	(15 °C)	aprox. kPa ^h /m ²		1,0
Pérdida de presión		máx. kPa		200
Velocidad lineal	carga	máx. m/h		60***
REGENERACIÓN, CONTRA-CORRIENTE				
Regenerante	tipo			HCl H ₂ SO ₄ NaCl
Regenerante	cantidad	aprox. g/l		HCl 50 / H ₂ SO ₄ 80 / NaCl 90
Regenerante	concentración	% en peso		HCl 4 - 6 H ₂ SO ₄ 1,5** / 3** NaCl 8 - 10
Velocidad lineal		aprox. m/h		HCl 5 H ₂ SO ₄ 10 - 20 NaCl 5
Velocidad lineal	lavado	aprox. m/h		5
Consumo de agua de lavado	lento / rápido	aprox. BV		HCl 2 H ₂ SO ₄ 2 NaCl 2
REGENERACIÓN, CO-CORRIENTE				
Regenerante	tipo			HCl H ₂ SO ₄ NaCl
Regenerante	cantidad	aprox. g/l		HCl 100 H ₂ SO ₄ 150 NaCl 200
Regenerante	concentración	aprox. % en peso		HCl 6 - 10 H ₂ SO ₄ 1,5** / 3** NaCl 8 - 10
Velocidad lineal		aprox. m/h		HCl 5 H ₂ SO ₄ 10 - 20 NaCl 5

INFORMACIÓN DE PRODUCTO LEWATIT® MonoPlus S 108 H



Velocidad lineal	contra lavado (20 °C)	aprox. m/h	15
Velocidad lineal	lavado	aprox. m/h	HCl 5 H ₂ SO ₄ 5 NaCl 5
Consumo de agua de lavado	lento / rápido	aprox. BV	HCl 6 H ₂ SO ₄ 6 NaCl 6
Expansión del lecho	(20 °C. por m/h)	aprox. % vol.	4
Zona libre	contra lavado (externo / interno)	% vol.	60 - 80
FUNCIONAMIENTO, LECHO MIXTO			
Altura de lecho		min. mm	500
REGENERACIÓN, LECHO MIXTO			
Regenerante	tipo		HCl H ₂ SO ₄
Regenerante	cantidad	aprox. g/l	HCl 100 H ₂ SO ₄ 150
Regenerante	concentración	aprox. % en peso	HCl 4 - 6 H ₂ SO ₄ 2 - 8

* Las condiciones de operación recomendadas hacen referencia a la utilización del producto bajo condiciones de trabajo normales. Están basadas en ensayos en plantas piloto y datos obtenidos de aplicaciones industriales. No obstante, para calcular los volúmenes de resina necesarios para una instalación de intercambio iónico son precisos datos adicionales.

** Regeneración progresiva.

*** 100m/h para afino

INFORMACIÓN DE PRODUCTO LEWATIT® MonoPlus S 108 H



Información adicional y regulaciones

Medidas de precaución

Los oxidantes fuertes, p. Ej. el ácido nítrico, en contacto con las resinas de intercambio iónico pueden provocar reacciones violentas.

Toxicidad

Ver la hoja de seguridad antes de utilizar el producto. Contiene datos adicionales sobre la descripción del producto, transporte, almacenamiento, manipulación, seguridad y ecología.

Eliminación

En la Comunidad Europea los intercambiadores iónicos se tienen que eliminar según el correspondiente decreto de residuos, que puede ser consultado en la página de Internet de la Unión Europea.

Almacenaje

Se recomienda almacenar las resinas de intercambio iónico a temperaturas superiores al punto de congelación del agua, bajo techo, en lugar seco y sin exposición directa al sol. Si la resina se ha congelado, debe descongelarse lentamente a temperatura ambiente antes de su uso o manipulación. No debe provocarse el proceso de descongelación de forma acelerada.

ANEXO J RESINA ANIÓNICA

PRODUCT INFORMATION LEWATIT® MonoPlus M 800 OH



Lewatit® MonoPlus M 800 OH is a strongly basic, gelular anion exchange resin (type I) with beads of uniform size (monodisperse) based on a styrene-divinylbenzene copolymer, in a highly regenerated form (min. 80 %), designed for all demineralization applications. The monodisperse beads have high chemical and osmotic stability. The extremely high monodispersity (uniformity coefficient: max. 1.1) and very low fines content of max. 0.1 % (< 0.350 mm) result in particularly low pressure losses compared with standard resins.

Lewatit® MonoPlus M 800 OH is especially suitable for:

- » conventional mixed bed application in combination with **Lewatit® MonoPlus S 200 KR** or **Lewatit® MonoPlus S 108 H**
 - » polishing using the Lewatit® Multistep System
 - » condensate polishing in combination with **Lewatit® MonoPlus S 200 KR** or **Lewatit® MonoPlus SP 112 H**
- Lewatit® MonoPlus M 800 OH** adds special features to the resin bed:
- » high exchange flow rates during regeneration and loading
 - » a good utilization of the total capacity
 - » a low demand for rinse water
 - » a homogeneous throughput of regenerants, water and solutions, resulting in a homogeneous operating zone
 - » a virtually linear pressure drop gradient across the entire bed depth, allowing operation with higher bed depths
 - » a good separation of the components in mixed bed applications

The special properties of this product can only be fully utilized if the technology and process used correspond to the current state-of-the-art. Further advice in this matter can be obtained from Lanxess, Business Unit Ion Exchange Resins.

General Description

Ionic form as shipped	OH ⁻
Functional group	Quaternary amine, type I
Matrix	Crosslinked polystyrene
Structure	Gel
Appearance	Light amber, translucent

Physical and Chemical Properties

		metric units	
Uniformity Coefficient*		max.	1.1
Mean bead size*		mm	0.64 (+/- 0.05) mm
Bulk density	(+/- 5 %)	g/l	680
Density		approx. g/ml	1.07
Water retention		wt. %	60 - 65
Total capacity*		min. eq/l	1.2
Volume change	OH ⁻ --> Cl ⁻	max. vol. %	- 18
Stability	at pH-range		0 - 14
Storability	of the product	max. years	2
Storability	temperature range	°C	-20 - 40
Ionic conversion	OH ⁻	min. mol %	80

* Specification values subjected to continuous monitoring.

Recommended Operating Conditions*

		metric units	
Operating temperature		max. °C	70
Operating pH-range			0 - 12
Bed depth		min. mm	800
Specific pressure drop	(15 °C)	approx. kPa*h/m ²	1.0
Pressure drop		max. kPa	200
Linear velocity	operation	max. m/h	5 - 120
Linear velocity	backwash (20 °C)	approx. m/h	7
Bed expansion	(20 °C, per m/h)	approx. vol. %	11
Freeboard	backwash (extern / intern)	vol. %	80 - 100
Mixed bed operation			
Bed depth		min. mm	600
Regenerant	type		NaOH
Regenerant	level	approx. g/l	100
Regenerant	concentration	approx. wt. %	5 - 10
Rinse water requirement	slow / fast	approx. BV	2 / 5

* The recommended operating conditions refer to the use of the product under normal operating conditions. It is based on tests in pilot plants and data obtained from industrial applications. However, additional data are needed to calculate the resin volumes required for ion exchange units. These data are to be found in our Technical Information Sheets.

Additional Information & Regulations

Safety precautions

Strong oxidants, e.g. nitric acid, can cause violent reactions if they come into contact with ion exchange resins.

Toxicity

The safety data sheet must be observed. It contains additional data on product description, transport, storage, handling, safety and ecology.

Disposal

In the European Community ion exchange resins have to be disposed, according to the European waste nomenclature which can be accessed on the internet-site of the European Union.

Storage

It is recommended to store ion exchange resins at temperatures above the freezing point of water under roof in dry conditions without exposure to direct sunlight. If resin should become frozen, it should not be mechanically handled and left to thaw out gradually at ambient temperature. It must be completely thawed before handling or use. No attempt should be made to accelerate the thawing process.

AMBERLITE™ IRA402 CI

Industrial Grade Strong Base Anion Exchanger

Introduction

AMBERLITE IRA402 CI resin is a type 1 strongly basic, clear gel, anion exchange resin. It has a crosslinked polystyrene structure that is designed to give an optimum balance of capacity and regeneration efficiency in water treatment applications. It is widely used in co-flow regenerated systems and can also be used in conventional counterflow systems such as those using air or water holddown. In demineralisation applications AMBERLITE IRA402 CI resin can remove both strong and weak acids including silica. These characteristics make AMBERLITE IRA402 CI an excellent general purpose anion exchange resin for a wide variety of water treatment applications.

Properties

Physical form	Pale yellow translucent spherical beads
Matrix	Styrene divinylbenzene copolymer
Functional group	Trimethyl ammonium
Ionic form as shipped	Chloride
Total exchange capacity	≥ 1.20 eq/L (Cl ⁻ form)
Moisture holding capacity	49 to 60 % (Cl ⁻ form)
Shipping weight	670 g/L
Particle size	
Uniformity coefficient	≤ 1.6
Harmonic mean size	0.600 to 0.750 mm < 0.300 mm 1.0 % max
Reversible swelling	Cl ⁻ → OH ⁻ ≤ 30 %

Suggested Operating Conditions

Maximum operating temperature	60 °C
Minimum bed depth	700 mm
Service flow rate	8 to 40 BV [*] /h
Regeneration	
Regenerant	NaOH
Level	60 to 150 g/L
Concentration	2 to 4 %
Minimum contact time	30 minutes
Slow rinse	2 BV at regeneration flow rate
Fastrinse	4 to 8 BV at service flow rate

Limits of use

AMBERLITE IRA402 CI resin is suitable for industrial uses. For all other specific applications such as pharmaceutical, food processing or potable water applications, it is recommended that all potential users seek advice from Rohm and Haas in order to determine the best resin choice and optimum operating conditions.

Descripción general

Forma de suministro	Cl ⁻
Grupo funcional	Amina cuaternaria, tipo II
Matriz	Poliestireno reticulado
Estructura	Gel
Aspecto	Blanco, translúcido

Propiedades especificadas

	Unidades métricas	
Coefficiente de uniformidad	máx.	1,1
Tamaño medio del grano	mm	0,62 (+/- 0,05)
Capacidad total	min. eq/l	1,3

Propiedades físico-químicas

	Unidades métricas	
Densidad aparente (+/- 5 %)	g/l	680
Densidad	aprox. g/ml	1,1
Contenido en agua	% en peso	45 - 50
Variación de volumen Cl ⁻ --> OH ⁻	máx. % vol.	16
Estabilidad	rango de pH	0 - 14
Almacenaje	del producto	máx. años
Almacenaje	rango de temperatura	°C
		-20 - +40

REGENERACIÓN, CO-CORRIENTE			
Regenerante	tipo		NaOH
Regenerante	cantidad	aprox. g/l	100
Regenerante	concentración	aprox. % en peso	3 - 5
Velocidad lineal		aprox. m/h	5
Velocidad lineal	contra lavado (20 °C)	aprox. m/h	7
Velocidad lineal	lavado	aprox. m/h	5
Consumo de agua de lavado	lento / rápido	aprox. BV	10
Expansión del lecho	(20 °C, por m/h)	aprox. % vol.	10
Zona libre	contra lavado (externo / interno)	% vol.	80 - 100

Descripción general

Forma de suministro	Cl ⁻
Grupo funcional	Amina cuaternaria, tipo I
Matriz	Poliestireno reticulado
Estructura	Gel
Aspecto	Amarillo, translúcido

Propiedades físico-químicas

		Unidades métricas	
Coefficiente de uniformidad*		máx.	1,1
Tamaño medio del grano*		mm	0,62 (+/- 0,05)
Densidad aparente (+/- 5 %)		g/l	690
Densidad		aprox. g/ml	1,08
Contenido en agua		% en peso	48 - 55
Capacidad total*		min. eq/l	1,3
Variación de volumen	Cl ⁻ --> OH ⁻	máx. % vol.	20
Estabilidad	rango de pH		0 - 14
Almacenaje del producto		máx. años	2
Almacenaje	rango de temperatura	°C	- 20 - 40
cocorriente			
Regeneración a cocorriente	concentración	aprox. % en peso	3 - 5
Velocidad lineal	regeneración	aprox. m/h	5
Velocidad lineal	lavado	aprox. m/h	5
Consumo de agua de lavado	lento / rápido	aprox. BV	10

ANEXO K CARACTERIZACIÓN FINAL DEL AGUA



INFORME DE ENSAYO

LABORATORIO DE ENSAYOS NYCE COLOMBIA S.A.S
LENC

FL109-02

N.º LENC-19 - 043

CLIENTE:

COLMETRIK
CALLE 74 No. 57B-38

MARIA PAULA CARRILLO
BOGOTÁ D. C

ÍTEM DE ENSAYO					
IDENTIFICACIÓN INTERNA	IDENTIFICACIÓN EXTERNA	REFERENCIA / SERIE	DESCRIPCIÓN		
LENC-19 - 043	01	NO ESPECÍFICA	NO ESPECÍFICA	AGUA DE pH 8,0 / CONDUCTIVIDAD DE 62µS/cm / TURBIDEZ DE 0,34 / DENSIDAD DE 1,02 g/cm3 / COLOR TRANSPARENTE	

IDENTIFICACIÓN INTERNA	FABRICANTE	MARCA	FECHA DE RECEPCIÓN	FECHA DE EJECUCIÓN	
				INICIO	FIN
LENC-19 - 043	01	NO ESPECÍFICA	2019-10-18	2019-10-21	2019-10-21

LUGAR DE ENSAYO:

Laboratorio de ensayos NYCE Colombia - LENC

NÚMERO DE PÁGINAS DEL INFORME INCLUYENDO ANEXOS:

2

- El presente informe expresa los resultados del ensayo realizado y no constituye un documento de certificación de producto.
- Los resultados contenidos en el presente informe de ensayo se refieren al momento y condiciones en que se realizaron la actividad.
- El laboratorio de ensayos de NYCE Colombia - LENC, solo se responsabiliza de los resultados obtenidos por la ejecución de los ensayos realizados a los ítems descritos en el presente informe.
- No se permite la reproducción del presente informe de ensayo de forma parcial.
- Si cuenta con aprobación de reproducción por parte del laboratorio de ensayos de NYCE Colombia - LENC, solo se permite de forma total, con el fin de asegurar que sus respectivas partes no salgan de contexto.
- Se declara libre de toda responsabilidad al laboratorio de ensayos NYCE Colombia - LENC, por la información proporcionada por el cliente que pueda afectar la validez de los resultados, en el caso de presentarse.

REALIZADO

J. HERNÁNDEZ
TÉCNICO DE LABORATORIO DE ENSAYOS

APROBADO

LUIS EDUARDO SALCEDO
LÍDER DE LABORATORIO DE ENSAYOS

RESULTADOS DE ENSAYO

n.º LENC-19 - 043

APROBADO
REALIZO

JHL
ESL

F1T09-02

ENSAVO		TRATAMIENTO POR PASO DE RESINAS DE INTERCAMBIO IÓNICO				
REFERENCIA NORMATIVA		NO APLICA				
IDENTIFICACIÓN INTERNA		Temperatura ambiente	Humedad relativa	Insumos utilizados		
		°C	%hr	Descripción		
LENC-19 - 043	01	19,3	50,8	CARBONO ACTIVADO	RESINA CATIONICA GELIFORME Y FUERTEMENTE ACIDA	RESINA DE INTERCAMBIO ANIONICO GELULAR FUERTEMENTE BASICA
IDENTIFICACIÓN INTERNA		Resultado de Conductividad	Resultado de pH	-----	-----	-----
		µS/cm	pH	-----	-----	-----
LENC-19 - 043	01	0,8	5,24	Espacio intencionalmente en blanco	Espacio intencionalmente en blanco	Espacio intencionalmente en blanco
GENERALIDADES DEL ENSAYO						
EQUIPO	NOMBRE DE EQUIPO	CERTIFICADO CALIBRACIÓN	OBSERVACIONES	INCERTIDUMBRE		
LENC - EP - 057	Equipo desmineralizador	No aplica	Espacio intencionalmente en blanco	No Aplica		
LENC - EP - 022	pH tester	LMP - 3748				
LENC - EP - 113	Conductivity Tester	LMC - 2468				
LENC - EP - 024	Termohigrómetro	CLT 224819/CLH 57219				

----- FIN DEL DOCUMENTO -----

Página 2 de 2

FECHA DE REPORTE: 2019/11/05
EMPRESA : MARIA PAULA CARRILLO TRUJILLO
ATENCION : MARIA PAULA CARRILLO TRUJILLO
DIRECCION : Cra 103 B No 83-82
TELEFONOS : 3106888491
No. DE MUESTRAS: 3
FECHA DE RECEPCION: 2019/10/28
FECHA DE ANALISIS: 2019/10/28 AL 2019/11/05
PLAN DE MUESTREO CIAN N.A
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: N.A
PROYECTO : COLMETRIK


 INSTITUTO DE HIDROLOGIA:
 METEOROLOGIA Y
 ESTUDIOS AMBIENTALES


IDENTIFICACION DE LA MUESTRA			
MUESTRA No.	26503	MUESTRA B	
Matriz	Agua AR	Municipio: N.E	Fecha de toma: N.E
Tipo de Muestreo:	Puntual	Departamento: N.E	Hora de toma: N.E
FISICOQUIMICO			
PARAMETRO	UNIDAD	METODO	RESULTADO
ALUMINIO	mg A/L	SM 3030E SM 3111D	<0,2
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	S.M 2540 D	<2

FECHA DE REPORTE: 2019/11/05
EMPRESA : MARIA PAULA CARRILLO TRUJILLO
ATENCION : MARIA PAULA CARRILLO TRUJILLO
DIRECCION : Cra 103 B No 83-82
TELEFONOS : 3106888491
No. DE MUESTRAS: 3
FECHA DE RECEPCION: 2019/10/28
FECHA DE ANALISIS: 2019/10/28 AL 2019/11/05
PLAN DE MUESTREO CIAN N.A
PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: N.A
PROYECTO : COLMETRIK


 INSTITUTO DE HIDROLOGIA:
 METEOROLOGIA Y
 ESTUDIOS AMBIENTALES

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA			
MUESTRA No.	26502	MUESTRA A	
Matriz	Agua AR	Municipio: N.E	Fecha de toma: N.E
Tipo de Muestreo:	Puntual	Departamento: N.E	Hora de toma: N.E
FISICOQUIMICO			
PARAMETRO	UNIDAD	METODO	RESULTADO
ALUMINIO	mg A/L	SM 3030E SM 3111D	<0,2
BTX's	mg/L	EPA 8015 D - EPA 5021 A	<0,01
DBO5	mg/LO2	S.M.5210 B-ASTM D888-09 MET.C	<0,2
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	S.M 2540 D	<0,2
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	mg/L	S.M 2540 C	<6
SOLIDOS TOTALES	mg/L	S.M 2540 B	<0,2

ANEXO M RECIBO DEL AGUA




agua y alcantarillado de bogotá

Linea de atención y emergencias 116 Acuarilla

www.acueducto.com.co

00291915



Datos del usuario

P N CORAL
CL 74 570 33

ESTRATO: 3 MANZANA: 1382 SERVICIO: 1310

UNIDAD ESTABILIZADA: 1 CLASE DE USO: 1 Residencia: 6

ZONA: 2 CICLO: 02 RUTA: 002618

Datos del medidor

MMCA: 0000000000 Tipo: 000000 Saliente: 20

CUENTA CONTRATO
Número para cualquier consulta: **10007103**

Factura de Servicios Públicos No.
Número para pagos: **36952315616**

TOTAL A PAGAR
Agua + Alcantarillado + Anco (ver el recibo)
+ Cobros a terceros (ver al recibo) **\$233.380**

Fecha de pago oportuno: **JUL/26/2019**

Fecha límite de pago para evitar suspensión: **JUL/31/2019**

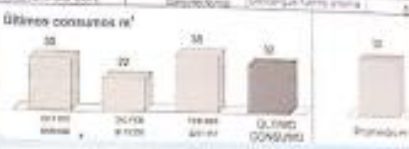
Datos del consumo

LECTURA ACTUAL: 1382 Consumo m3: 32

LECTURA ANTERIOR: 1310

PERIODO COD: 00000000 Consumo: 72 m3

Órdenes consumos m3



Período facturado: **ABR/24/2019 - JUN/21/2019**

Resumen de su cuenta


FECHA DE EMISIÓN: JUL/12/2019 FECHA ESPERADA DE LA PRÓXIMA FACTURA: SEP/18/2019

RANGO CMO BÁSICO Bimestral según Resolución CRA-7500016 (3 m3-22 m3)


Descripción	Cantidad	Costo		Valor Aporte	VALOR VOTO	VALOR A PAGAR	Otros Cobros				Total	Saldo	
		VALOR (WV)	Valor Total				IVA	Copla	Internet	Valor Total			
Agua													
Cargo fijo residencial	1	\$13.343,37	\$13.343	\$2.004	\$11.339,38	\$11.340							
Consumo residencial básico	22	\$2.616,81	\$57.420	\$8.813	\$2.155,1	\$48.807							
Consumo residencial superior a básico	18	\$2.616,80	\$26.100	\$0	\$2.616,80	\$26.100							
Cargo fijo no residencial													
Consumo no residencial (m3)													
Subtotal Acueducto			\$6.664	\$10.817		\$6.337						\$3	
Alcantarillado													
Cargo fijo residencial	1	\$6.371,94	\$6.372	\$847	\$5.524,14	\$5.525							
Consumo residencial básico	22	\$2.738,41	\$60.078	\$8.278	\$2.320,90	\$51.060							
Consumo residencial superior a básico	18	\$2.738,50	\$27.305	\$0	\$2.738,50	\$27.305							
Cargo fijo no residencial													
Consumo no residencial (m3)													
Subtotal Alcantarillado			\$20.687	\$9.907		\$10.736							
Descuento mínimo vital (12 meses cubiertos sin costo en artículo 7 y 2)						\$0							
TOTAL AGUA, ALCANTARILLADO Y OTROS COBROS						\$170.000	CONSUMO M3	\$34.999	CONSUMO DIA	\$2.851			

Evite conectar sus aguas residuales a la red de aguas lluvias (conexiones erradas)

Verifique que **no tenga**



Y si su actividad genera agua residual no doméstica, **está obligado** a presentar la caracterización de vertimientos **anualmente** al Acueducto de Bogotá



Proteja la calidad hídrica de los cuerpos de agua de Bogotá,

Scanned by CamScanner

ANEXO N RECIBO DE LA ENERGÍA

No. Cuenta: 4752837-2 3773

PAGO OPORTUNO
01 OCT/2019
 FECHA DE SUSPENSIÓN: **03 OCT/2019**

ENERGÍA		PROXIMA FECHA DE LECTURA:		22 OCT/2019
CÁLCULO CONSUMO DE ENERGÍA	Lectura Actual	Lectura Anterior	Energía Facturada kWh	Valor Unitario kWh
ENERGÍA	37891	36459	1432	\$514.50
CONTRIBUCIÓN APORTA DEL 20.00% DEL VALOR FACTURADO				\$147.841
ESTE MES LA ENERGÍA QUE DISFRISTASTE, TE COSTÓ \$38.540 DÍGITOS				SUBTOTAL: \$885.845

Otros cobros asociados a energía AJUSTE A LA DECENA (DEBITO) \$5 SUBTOTAL: \$5	Otros cobros de productos y servicios SUBTOTAL: \$0
--	---

Consumo + Otros Cobros asociados a energía **1** **TOTAL ENERGÍA: \$885,850**

2 **TOTAL OTROS: \$0**

* Después de la fecha de PAGO OPORTUNO, los cobros ingresan de nuevo hasta la fecha en que se hizo el pago. Se suspenderá el servicio a partir de la fecha de suspensión, lo que genera cobros por consumo de reserva.

PAGO OPORTUNO
01 OCT/2019
TOTAL A PAGAR
\$885,850

(415)70720991425318020;01475283728664792348;9900;00000000885850

NÚMERO DE CLIENTE
4752837-2
 Facturas de Servicios Públicos No.
 565479234-8

ANEXO O COTIZACIÓN DE EQUIPOS



CUNDINAMARCA
Mi cuenta
Conoce la App Homecenter

CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN | PISOS, PINTURAS Y ACABADOS | HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA | BAÑO Y COCINA | ELECTRO, TECNO Y CLIMATIZACIÓN | MUEBLES Y ORGANIZACIÓN | DECORACIÓN E ILUMINACIÓN | AIRE LIBRE, JARDIN Y MASCOTAS | AUTOMOVILES Y CARCENTER | PROYECTOS E IDEAS | SERVICIOS Y PROYECTOS

ENVÍO GRATIS! EN COMPRAS ONLINE SUPERIORES A \$39.900, Aplican Términos y Condiciones >

[Volver a resultados](#) | Homecenter.com.co > Construcción y Reparación > Plomería y Electricidad > Plomería > Tanques de Agua y Pozos Sépticos > Tanques de Agua > Eternit Tanque 500 Litros Negro

Tanque 500 Litros Negro Eternit

SKUJ 300067 | ★★★★★ 5.0 (1) [Compartir](#)

307 Unidades disponibles



Precio corresponde a la ubicación de CUNDINAMARCA. El precio puede cambiar al modificar la zona de envío o retiro.

\$ 135.900 UND

Acumulas: 135 CMR Puntos

Características del producto ▾

+ -
Agregar al carro
Agregar a mi lista

Calcula el valor de tu cuota CMR	N° de cuotas	Valor de la cuota
	<input type="text" value="1"/>	\$ 135.900

Métodos de envío y retiro

- Envío a domicilio [Ver opciones](#)
- Retira tu compra en tienda [Ver opciones](#)
- Disponibilidad en tiendas [Ver stock](#)



CUNDINAMARCA
Mi cuenta
Conoce la App Homecenter

CONSTRUCCIÓN Y REPARACIÓN | PISOS, PINTURAS Y ACABADOS | HERRAMIENTAS Y MAQUINARIA | BAÑO Y COCINA | ELECTRO, TECNO Y CLIMATIZACIÓN | MUEBLES Y ORGANIZACIÓN | DECORACIÓN E ILUMINACIÓN | AIRE LIBRE, JARDIN Y MASCOTAS | AUTOMOVILES Y CARCENTER | PROYECTOS E IDEAS | SERVICIOS Y PROYECTOS

ENVÍO GRATIS! EN COMPRAS ONLINE SUPERIORES A \$39.900, Aplican Términos y Condiciones >

[Volver a resultados](#) | Homecenter.com.co > Construcción y Reparación > Plomería y Electricidad > Plomería > Tanques de Agua y Pozos Sépticos > Tanques de Agua > Eternit Tanque 250 Litros Negro

Tanque 250 Litros Negro Eternit

SKUJ 300066 | ★★★★★ 5.0 (2) [Compartir](#)

218 Unidades disponibles



Precio corresponde a la ubicación de CUNDINAMARCA. El precio puede cambiar al modificar la zona de envío o retiro.

\$ 116.900 UND

Acumulas: 116 CMR Puntos

Características del producto ▾

+ -
Agregar al carro
Agregar a mi lista

Calcula el valor de tu cuota CMR	N° de cuotas	Valor de la cuota
	<input type="text" value="1"/>	\$ 116.900

Métodos de envío y retiro

- Envío a domicilio [Ver opciones](#)
- Retira tu compra en tienda [Ver opciones](#)
- Disponibilidad en tiendas [Ver stock](#)

[Volver a resultados](#) | Homecenter.com.co > Construcción y Reparación > Plomería y Electricidad > Plomería > Llaves y Válvulas de Agua y Gas > Grival Válvula Bola PVC 1 Roscada

Válvula Bola PVC 1 Roscada Grival

SKU 241538 | ★★★★★ | [Compartir](#)

820 Unidades disponibles




Precio corresponde a la ubicación de **CUNDINAMARCA**
 El precio puede cambiar al modificar la zona de envío o retiro.

\$ 12.265 UND

Acumulas: 12 CMR Puntos

Características del producto ▾

1

Agregar al carro 

[Agregar a mi lista](#)

Calcula el valor de tu cuota CMR

N° de cuotas	Valor de la cuota
1	\$ 12.265

Métodos de envío y retiro

-  Envío a domicilio [Ver opciones](#)
-  Retira tu compra en tienda [Ver opciones](#)
-  Disponibilidad en tiendas [Ver stock](#)

[Volver a resultados](#) | Homecenter.com.co > Herramientas y Maquinarias > Maquinaria Especializada > Bombas y Motobombas > Pedrollo Electrobomba Superficial Centrífuga 0.5HP

Electrobomba Superficial Centrífuga 0.5HP Pedrollo

MODELO: CPM800 | SKU 103207 | ★★★★★ 1.0 (1) | [Compartir](#)

66 Unidades disponibles



Precio corresponde a la ubicación de **CUNDINAMARCA**
 El precio puede cambiar al modificar la zona de envío o retiro.

\$ 344.900 UND

Acumulas: 344 CMR Puntos

Características del producto ▾

1

Agregar al carro 

[Agregar a mi lista](#)

Calcula el valor de tu cuota CMR

N° de cuotas	Valor de la cuota
1	\$ 344.900

Métodos de envío y retiro

-  Envío a domicilio [Ver opciones](#)
-  Retira tu compra en tienda [Ver opciones](#)
-  Disponibilidad en tiendas [Ver stock](#)

SARTENES Y PAILAS	EXPRIMIDORES MANUALES	MAQUINAS PARA FABRICAR OBLEAS
MAQUINA PROCESADORA DE PAPAS	MAQUINA PROCESADORA DE MANGOS	SANDUCHERAS MANUALES
PATACONERAS O PRENSA MASA	PLANCHAS Y ASADORES	PAPELERAS Y TANQUES
JUEGOS DE BATERIAS Y OLLAS		

Tanque Plastico 10 Litros



Tanque Plastico 10 Litros

Condición: Nuevo

Tanque Plástico 10 Litros

Practico Tanque Para el Almacenamiento de Agua. tiene la capacidad de Almacenar 10 litros de Agua fabricado con material resistente, tapa superior para proteger de la intemperie y la suciedad Externa

14 400 \$

-10% ~~15.800 \$~~

Cantidad

1 - +

Añadir al carrito

Añadir a la lista de deseos

Paga Seguro Con Mercado Pago



OFERTA

QUOTATION N° 593827-1

DATE 21-10-2019

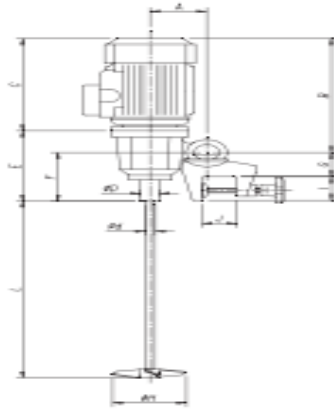
VALID UNTIL 20-11-2019

PAGE 2/5

SOLUCIÓN

Posición	Código	Cant.	Descripción	Precio Unidad	Precio
1	A1021-4U0073150 A1021-4U0073150	1	AGITADOR PORTATIL PBC MOTOR 0.75 KW @ 1.750 RPM 220 / 440 V 60 Hz DIAMETRO HELICE: 150 MM HELICE LINEFLUX PINZA PARA ANCLAJE AL TANQUE ACERO INOX 316L VOLUMEN MAXIMO 1.000 LITROS VISCOSIDAD MAXIMA: 100 CPS https://www.inoxpa.es/productos/producto/agitador-portatil-pbc HS Code/PA codigo: 84388099 País origen: PRT Peso: 20,00 kg	2.825.000,0 10%	2.542.500,0
				Embalaje:	
				Portes:	
				Importe total (COP):	2.542.500,0
				IVA	19%
				Peso total:	20,00 kg
2	ISI00	1	VARIADOR DE FRECUENCIA (VFC) ORIGINAL POTENCIA: 0.75 KW CONTROL: TRIFASICO		1.200.000,00

I Especificaciones técnicas y dimensiones



TIPO AGITADOR		PBC 1.18-4005+100	PBC 1.18-4005+130	PBC 1.18-4005+160	PBC 1.18-4005+190	PBC 1.18-4005+190
Potencia motor	[kW]	0.75		0.55		
Velocidad	[rpm]	1415		940		
Volumen [W,Q]	[m³]	0.1 0.6	0.2 0.6	0.4 1.5	0.1 0.7	0.15 1
Dimensiones	A	90				
	B	290				
	C	234				
	ØD	30				
	E	180				
	F	124				
	G	55				
J máx.	H	60				
	I	45				
Eje agitador	Øh	16				
	L máx.	1250				
Hélice Linflux	Øh	100	130	150	130	150
Peso	[kg]	16		10.5		



Industria española. Especialistas en sistemas de gestión ambiental. www.inoxpa.com



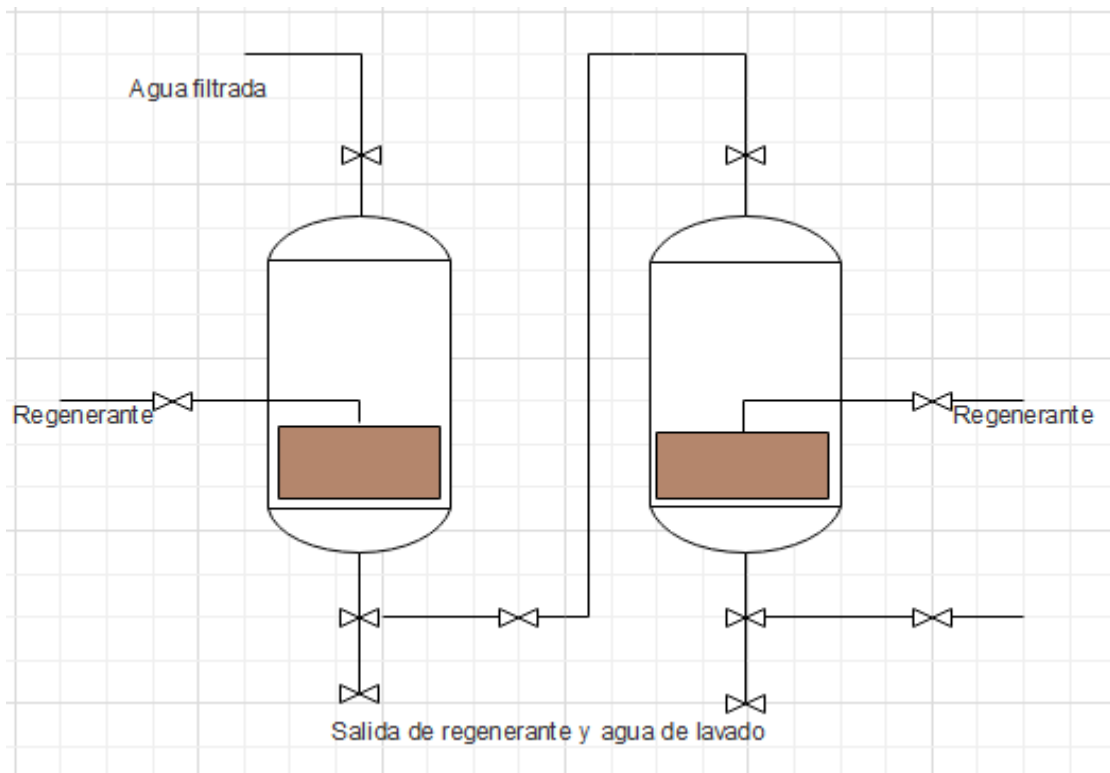
\$117.929 – \$159.341 IVA incluido.

Bomba dosificadora análoga con perilla de regulación manual de la frecuencia de dosificación (10-100%) y entrada para control de nivel en el estanque de producto químico (sensor no incluido) tipo diafragma, cuerpo en polipropileno, cabezal en PVC, esferas cheque cerámicas, diafragma en PTFE, sellos en FPM o EPDM, con válvula de cebado. Grado de protección IP65. Alimentación eléctrica: 100 a 240 VAC a 60Hz monofásica.

Modelos disponibles:

- Referencia Invikta 630 Caudal máximo: 0.6 l/h a presión de descarga 7 bar (101 PSI). F. máxima: 100 impulsos/minuto.
- Referencia Invikta 632 Caudal máximo: 2 l/h a presión de descarga 7 bar (101 PSI). F. máxima: 100 impulsos/minuto.
- Referencia Invikta 633 Caudal máximo: 5 l/h a presión de descarga 5 bar (72 PSI). F. máxima: 180 impulsos/minuto.

ANEXO P AGOTAMIENTO Y REGENERACIÓN DE LAS COLUMNAS DE INTERCAMBIO IÓNICO



ANEXO Q RECIBO DE PAGO EN ECOENTORNO



FACTURA DE VENTA No. 37186

ECOLOGIA Y ENTORNO SAS ESP

Cra 106ª No 156 85 Int 1

Tel. 8277030 Fax. 8290800

NIT 800193444-6

NO SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES NI AUTORETENEDORES - REGIMEN COMUN
Tarifa ICA MOSQUERA 8x1000 Actividad Economica 3822
Factura elaborada por computador según RESOLUCIÓN DIAN N 18762001618030 2016/12/21 DESDE 34264 Hasta 40000

CLIENTE: COLMETRIK S.A.S COLOMBIANA DE METRO DIRECCION: CL 72 55 54 P3 - , BOGOTÁ, D.C. DESPACHO: CL 72 55 54 P3 - , BOGOTÁ, D.C. - BOGOTÁ. Tel: 8946161	COD.CLIENTE 80001581	FECHA 25.11.2017	VENCIMIENTO 25.11.2017
ORDEN DE COMPRA PED 35470	NIT 900088439	PEDIDO 70018819	FEC.PEDIDO 25.11.2017
ZONA BOGOTÁ, D.C.	CODIGO 503	CONDICIONES DE PAGO Pagadero Inmediato	
		NOMBRE VENDEDOR VIVIANA PATIÑO	ENTREGA

CONSIGNAR EN CUENTA CORRIENTE # 031 645592 69 BANCOLOMBIA

REF.	DESCRIPCION	CANT.	UNID.	PRECIO UNL.	VALOR	
140	DISP FINAL DESECHOS DE ACEITE Y AGUA	481,500	KG	1.100	529.650	
Observaciones: SE HACE ENTREGA DEL CERTIFICADO DE TRATAMIENTO No.25.11.2017 -35470					SUBTOTAL	529.650
					FLETE	0
					IVA	0
					RETE. FUENTE	21.186
					RETE. IVA	0
					RETE. ICA	0
					TOTAL	508.464
VALOR EN LETRA: QUINIENTOS OCHO MIL CUATROCIENTOS SESENTA Y CUATRO PESOS M/CTE						